

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

省级精品课
配套教材

电子产品维修技术

李雄杰 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合最新的职业教育改革经验,依据“项目导向、任务驱动、学做合一”的方法进行编写。主要内容包括:维修基本功训练、元器件级故障检测、电路级故障检修、产品级(CRT-TV、LCD-TV、笔记本电脑供选择)维修技术。全书内容由浅入深,由简单到复杂,由基本功训练到具体产品故障检修,符合学生学习规律。本书以项目为导向设计若干个工作任务,通过任务实施,将知识学习与技能训练有机地相结合。每个项目配有“学习导航”、“知识梳理与总结”和“思考与练习”,便于读者高效率地学习操作技能。

本书适用于高职高专院校应用电子技术、电子信息工程技术、电子工艺与管理、计算机系统维护等电子类专业作为电子产品维修技术课程的教材,也可作为应用型本科院校、成人教育、中职学校的相关教材,以及电子产品维修人员的参考书。

本教材配有教学课件与习题参考答案,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品维修技术/李雄杰编著. —北京:电子工业出版社, 2009.5

全国高职高专院校规划教材. 精品与示范系列

ISBN 978-7-121-08636-6

I. 电… II. 李… III. 日用电气器具—维修—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM925.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 057043 号

策划编辑: 陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑: 王凌燕

印 刷:

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16.5 字数: 422.4 千字 插页: 1

印 次: 2009 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 27.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

电子产品的生产过程离不开在线维修，电子产品出厂后必须有售后维修服务。因此，高职高专院校的电子类专业应开设“电子产品维修技术”岗位课程。

电子类专业学生的课程设计、毕业设计及电子设计竞赛等，通常都是设计制作1件电子产品，在设计制作过程中需要排除电路中故障。因此，学一点电子产品维修技术技能是很重要的。

电子产品的种类繁多，有电子元器件、军用电子产品、通信电子产品、工业电子产品、消费电子产品、广播电视产品、商用电子产品、教学电子产品、安保电子产品、医疗电子产品、汽车电子产品、仪器仪表及电子玩具等。本教材不可能一一介绍这些电子产品的维修技术，而是以若干个常用电子元器件、典型电子电路及电子产品为载体，重在介绍电子产品维修技术的基本功，以便为从事电子产品测试、调试、维修工作打下一个比较扎实的基础。

任何一个电子产品均由若干个电路组成，任何一个电路均由若干个元器件组成。因此，本教材将电子产品维修技术分为三个层次，即元器件级故障检测、电路级故障检修、产品级（CRT-TV、LCD-TV，笔记本电脑供选择）维修技术，做到由浅入深，由简单到复杂，由基本功训练到具体产品故障检修，符合学生学习规律，符合学生从新手到专家的培养。

本教材结合最新的职业教育改革经验，依据“项目导向、任务驱动、学做合一”的方法进行编写。首先，以项目为导向设计若干个工作任务，一个任务就是一个知识点，主题鲜明，重点突出。然后按照完成工作任务过程中所需的知识结构和能力要求精选教材内容，包括学习目标、活动设计、相关知识等。学生在完成具体工作任务的过程中，既训练了职业能力（故障排除能力、电路测试调试能力、仪器仪表使用能力、元器件识别及检测能力、整机电路阅读能力），又掌握相应的理论知识。本书配有“职业导航”、“学习导航”、“知识梳理与总结”和“思考与练习”，便于读者高效率地学习操作技能。

本教材在编写过程中，力求内容的正确性、实用性与先进性、学习的灵活性、结构的合理性及文字的可读性。学生完成本课程学习后可参加家用电子产品维修工职业资格评定。本教材参考课时如下表所示。

序 号	项 目 名 称	参 考 课 时
项目 1	维修基本功训练	8
项目 2	元器件级故障检测技术	16
项目 3	电路级故障检修技术	30
项目 4	CRT 电视机维修技术	20
项目 5	LCD 电视机维修技术（选学）	12
项目 6	笔记本电脑维修技术（选学）	12

本教材是作者 30 年来在电子产品维修领域不断耕耘的结晶，由徐雨清教授审核，宁波飞利浦、索尼、松下、TCL 等公司的电子产品维修中心提供了许多宝贵的资料及维修案例，编写中得到了韩包海、叶建波、张波、洪列平、郑琼等同志的帮助，并参考了大量的相关资料和文献，在此表示衷心的感谢。

为方便教师导学，本书配有电子教学课件和习题参考答案，请有需要的教师登录华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，如有问题时，请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:gaozhi@phei.com.cn）。

由于编者水平有限，时间仓促，书中错误和缺点难免，敬请广大读者批评指正（E-mail：lxj@zjbti.net.cn）

编 者

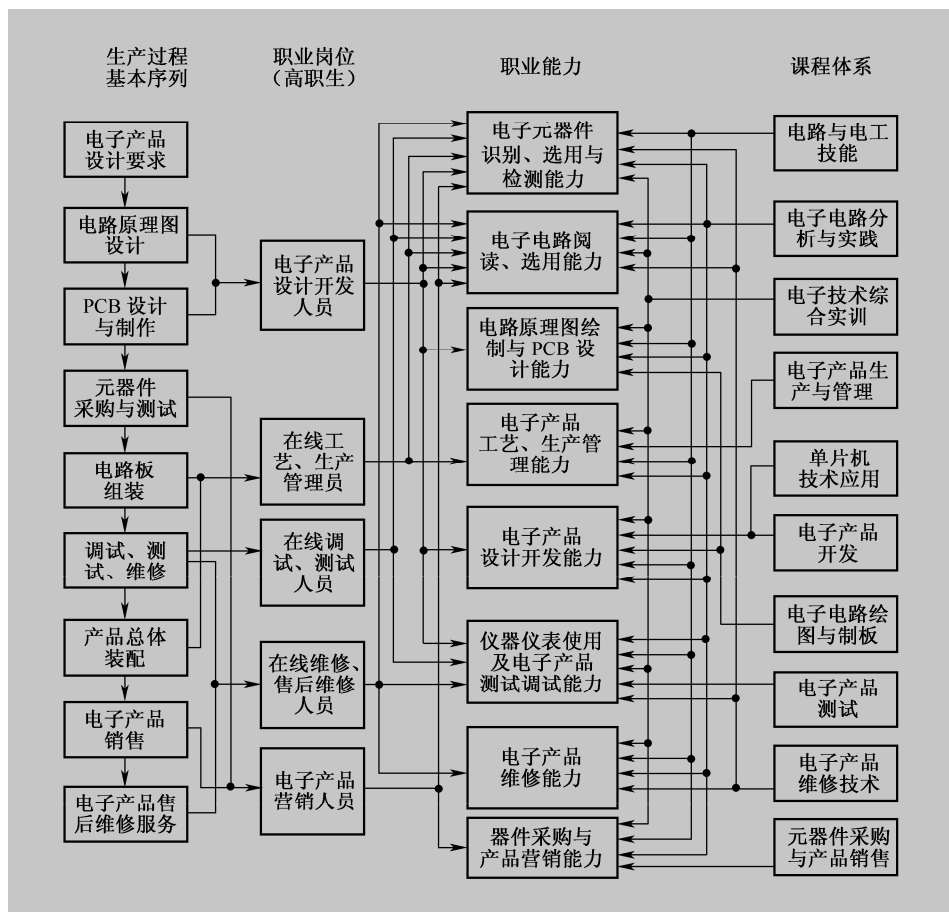
2009 年 2 月



职业导航

电子类专业的毕业生主要面向中小型电子产品生产企业，在广泛的企业调研基础上，通过对电子产品的生产过程作基本序列分析、职业岗位分析、职业能力分析，可建立基于“电子产品生产过程”的应用电子技术专业职业课程体系。

基于电子产品生产过程、职业岗位、职业能力、职业课程分析的职业导航如下图所示。



由职业导航可知，“电子产品维修技术”课程在基于“电子产品生产过程”的专业课程体系中占据十分重要的地位，它不但是电子产品维修职业岗位课程，而且可以培养学生的电路检测与调试能力、仪器仪表使用能力、电子元器件识别与检测能力、电子产品整机电路的阅读能力。

本课程的前期课程是：电路与电工技能、电子电路分析与实践（模电、数电）、基础英语、计算机基础等。

职业教育 继往开来 (序)

自我国实行对内搞活、对外开放的经济政策以来,各行各业都获得了前所未有的发展。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高,教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说,近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下,高职院校以服务为宗旨、以就业为导向,开展工学结合与校企合作,进行了较大范围的专业建设和课程改革,涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下,逐步加大校内生产性实训比例,引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下,教学以育人为目标,以掌握知识和技能为根本,克服了以学科体系进行教学的缺点和不足,为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

在高职教育新的教学模式下,各院校不断对专业建设和课程设置进行改革,教学改革的成果最终要反映在教学过程中,其中主要的体现形式为教材创新。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社,具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验,有义务、有能力与广大的高职院校密切合作,参与创新职业教育的新方法,共同出版反映最新教学改革成果的新教材,为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而努力。

近期由我们组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”,主要具有以下几个特点。

(1) 本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确,并且具有多年的职业教育教学经验以及工学结合、校企合作经验,能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计,能够把握创新型教材的出版方向。

(2) 本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例经提炼后进行设置,项目实例较多,应用范围较广,图片数量较大,还引入了一些经验性的公式、表格等,文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性,对全国许多职业教育院校具有较大的适用性,同时对企业技术人员具有可参考性。

(3) 根据职业教育的特点,本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容,有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程,也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4) 根据每门课程的内容特点,为方便教学过程我们为教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源,各位老师在华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn或www.hxedu.com.cn)注册后可直接下载。

这套新型教材得到了许多高职院校老师的支持和欢迎,为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务,我们热忱欢迎各位职教专家和老师提出意见或建议,如果有新教材的编写思路请与我们联系(邮箱:chenjd@phei.com.cn,电话:010-88254585),共同为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务!

电子工业出版社高等职业教育分社

目 录



项目 1 维修基本功训练	1
学习导航	1
任务 1-1 电子产品使用环境及维护	2
1.1.1 电子产品故障分类	2
1.1.2 电子产品故障规律	3
1.1.3 电子产品使用环境	4
1.1.4 电子产品日常维护	7
任务 1-2 维修常用工具使用	8
1.2.1 万用表	8
1.2.2 示波器	9
1.2.3 函数信号发生器	12
1.2.4 电烙铁与焊接方法	13
1.2.5 其他工具	18
任务 1-3 维修方法、程序及注意事项	19
1.3.1 电子产品维修方法	20
1.3.2 电子产品维修程序	24
1.3.3 电子产品维修注意事项	25
知识梳理与总结	27
思考与练习 1	27
项目 2 元器件级故障检测	28
学习导航	28
任务 2-1 电阻器故障检测	29
2.1.1 电阻器故障现象	30
2.1.2 电阻器故障检测	30
任务 2-2 电容器故障检测	33
2.2.1 电容器故障现象	34
2.2.2 电容器故障检测	35
任务 2-3 电感线圈及变压器故障检测	36
2.3.1 电感线圈及变压器故障现象	36
2.3.2 电感线圈及变压器故障检测	37
任务 2-4 半导体器件故障检测	38
2.4.1 半导体器件故障现象	39
2.4.2 二极管故障检测	39

2.4.3	三极管故障检测	42
任务 2-5	集成电路故障检测	45
2.5.1	集成电路故障机理	46
2.5.2	集成电路故障检测	47
任务 2-6	电声器件故障检测	48
2.6.1	扬声器故障检测	48
2.6.2	耳机和耳塞故障检测	50
2.6.3	驻极体传声器故障检测	50
任务 2-7	彩色显像管调整与故障检测	52
2.7.1	彩色显像管结构与原理	54
2.7.2	色纯度调整	58
2.7.3	会聚调整	59
2.7.4	白平衡调整	61
2.7.5	彩色显像管故障检测	63
知识梳理与总结		64
思考与练习 2		65
项目 3	电路级故障检修	66
学习导航		66
任务 3-1	放大电路故障检修	67
3.1.1	电压放大电路故障检修	68
3.1.2	功率放大电路故障检修	69
任务 3-2	电源电路故障检修	71
3.2.1	普通稳压电源电路故障检修	72
3.2.2	开关电源电路故障检修	74
任务 3-3	高频电路故障检修	77
3.3.1	超外差接收方式简介	78
3.3.2	超外差接收电路分析	79
3.3.3	手工调整技巧	80
3.3.4	故障检修	81
任务 3-4	解码电路故障检修	82
3.4.1	彩色电视信号编码简介	83
3.4.2	TA7698AP 彩色解码电路分析	84
3.4.3	无彩色故障检修	87
3.4.4	“百叶窗效应”故障检修	89
任务 3-5	行扫描电路故障检修	89
3.5.1	行扫描电路概述	90
3.5.2	行锯齿波电流形成过程	91
3.5.3	行扫描失真及补偿方法	93
3.5.4	行扫描电路分析	95
3.5.5	行扫描电路故障检修	97

任务 3-6 场扫描电路故障检修	99
3.6.1 场扫描电路概述	99
3.6.2 场扫描电路分析	100
3.6.3 场扫描电路故障检修	103
任务 3-7 微处理器控制电路故障检修	104
3.7.1 典型电路分析	105
3.7.2 常见故障检修	111
3.7.3 拓展知识	113
知识梳理与总结	116
思考与练习 3	116
项目 4 CRT-TV 维修技术	118
学习导航	118
任务 4-1 彩色电视广播认知	119
4.1.1 CRT 图像显示原理	120
4.1.2 全电视信号	122
4.1.3 电视信号的调制与频道划分	124
4.1.4 电视信号接收电路	127
4.1.5 色度学知识	129
4.1.6 基色信号、亮度信号与色差信号	131
4.1.7 PAL 制编码	135
任务 4-2 电视机整机电路认知与测试	138
4.2.1 彩色电视机整机电路组成	140
4.2.2 高频调谐器电路分析	142
4.2.3 中频通道电路分析	144
4.2.4 亮度通道电路分析	148
4.2.5 显像管座板电路分析	150
任务 4-3 三无故障检修	151
4.3.1 三无故障检修范围	152
4.3.2 三无故障部位判别技巧	152
任务 4-4 图像不正常故障检修	153
4.4.1 图像不正常故障部位判别	154
4.4.2 高频调谐器故障检修	155
4.4.3 中频通道电路故障检修	156
4.4.4 亮度通道与显像管座板电路故障检修	157
任务 4-5 同步不良故障检修	160
4.5.1 同步电路概述	161
4.5.2 同步电路分析	162
4.5.3 同步电路故障检修	163
知识梳理与总结	165
思考与练习 4	165

项目 5 LCD-TV 维修技术	167
学习导航	167
任务 5-1 液晶显示器认知	168
5.1.1 液晶基础知识	168
5.1.2 液晶显示器件结构与原理	171
5.1.3 TFT 液晶屏的驱动	176
任务 5-2 LCD-TV 电路认知与拆装	177
5.2.1 GC32 机芯概述	179
5.2.2 LCD27A71-P 液晶电视机电路分析	181
5.2.3 拓展知识	188
任务 5-3 LCD-TV 维修技术	201
5.3.1 LCD-TV 的保养与安装	201
5.3.2 LCD-TV 常见故障检修	203
知识梳理与总结	207
思考与练习 5	207
项目 6 笔记本电脑维修技术	208
学习导航	208
任务 6-1 笔记本电脑拆装	209
6.1.1 笔记本电脑的组成	210
6.1.2 笔记本电脑拆装注意事项	214
6.1.3 IBM T30 笔记本电脑拆卸	216
任务 6-2 硬件板卡级维修	223
6.2.1 硬件故障	224
6.2.2 软件故障	225
6.2.3 板卡级维修	226
6.2.4 笔记本电脑维修步骤	231
*任务 6-3 硬件芯片级维修	233
6.3.1 IBM T30 供电电路检修	233
6.3.2 IBM T30 充电电路检修	235
6.3.3 IBM T30 待机与开机电路检修	238
6.3.4 IBM T30 CPU 供电电路检修	240
6.3.5 利用可调电源判别故障	242
6.3.6 拓展知识	243
知识梳理与总结	248
思考与练习 6	249
参考文献	250
附录	251



项目 1

维修基本功训练

电子技术的发展日新月异，电子产品种类繁多，新产品层出不穷。电子产品维修工作技术性很强，维修人员不仅需要知识、技能及经验，还需要有扎实的维修基本功。

本项目共有三个任务：任务 1-1 是电子产品使用环境及维护，任务 1-2 是维修常用工具使用，任务 1-3 是维修方法、程序及注意事项。在这三个工作任务的驱动下，学生将进行维修基本功训练。

学习导航

学习 目标	最终目标	掌握电子产品维修基本功
	促成目标	1) 能做好电子产品日常维护工作 2) 能正确使用常用维修工具 3) 能在印制板上拆装电子元器件 4) 能正确地选用维修方法 5) 能做到少犯维修过程中的错误
教师 引导	知识引导	维修概念；环境影响；维护常识；工具使用；焊接技术；维修方法；维修注意事项
	技能引导	应加强对学生的电烙铁使用训练，尤其是对多脚元器件拆卸的训练。另外就是万用表、示波器的正确使用训练
	重点把握	工具使用；元器件拆卸
	建议学时	8 学时



任务 1-1 电子产品使用环境及维护

我们将电子产品丧失规定功能的现象称为故障。任何电子产品都是在一定的环境中工作，环境不良将加速或造成电子产品发生故障。因此，熟悉环境对电子产品的影响，认真做好电子产品的日常维护工作，对于延长电子产品寿命，减少电子产品故障，确保电子产品正常工作具有十分重要的作用。

1. 学习目标

最终目标：能做好电子产品日常维护工作。

促成目标：1) 了解电子产品故障概念；

2) 熟悉电子产品故障分类；

3) 熟悉电子产品故障规律；

4) 了解环境对电子产品性能的影响；

5) 能做好电子产品日常维护工作。

2. 活动设计

通过上网资料查找，设计一份 CRT 电视机（或 LCD 电视机、笔记本电脑、数码相机等）电子产品的日常维护方案。

3. 相关知识

相关知识部分将在介绍电子产品故障分类、电子产品故障规律的基础上重点介绍电子产品使用环境（温度、气压、盐雾、霉菌、湿度、振动、电磁场等）及日常维护常识。

电子产品是由具有特定功能的电子电路组合成的，而电子电路又由若干个电子元器件组成，其中每个元器件都有自己特定的作用。如果某个元器件损坏，电路及产品的功能必将发生变化。

1.1.1 电子产品故障分类

电子产品的故障类型很多，若按故障现象分类，如电视机中的无光栅故障、无图像故障、无伴音故障等；若按已损坏的元器件分类，有电阻器故障、电容器故障、集成电路故障等；若按已损坏的电路分类，有放大电路故障、电源故障、振荡电路故障等；若按维修级别分类，有板级故障、芯片级故障等；若按故障性质分类，有软故障与硬故障。

1. 软故障与硬故障

软故障又称为渐变故障或部分故障，指元器件参数超出容差范围而造成的故障。这时元器件功能通常并没有完全丧失，而仅仅引起功能的变化。例如，电阻阻值稍增大、电容器漏电、变压器绕组局部短路、三极管温度特性差、印制板受潮等，这都可能使电子产品发生软故障，因为它们并没有导致电路功能的完全丧失。当然，软故障有时是可以容忍的，有时则是不许可的，特别是电路关键元器件不许出现软故障。软故障检修难度大，因为元器件没有完全损坏，这种元器件不容易被检测出来。

硬故障又称为突变故障或完全故障，如电阻阻值增大甚至开路、电容器击穿短路、二极



管或三极管电极间击穿短路等。这样的故障往往引起电路功能的完全丧失、直流电平的剧烈变化等现象。硬故障一般容易检修，因为元器件损坏是一种完全损坏，损坏的元器件容易被检测出来。

2. 永久性故障与间歇性故障

永久性故障是指，一旦出现就长期存在的故障，在任何时刻进行检测均可检测到。永久性故障通常由元器件的永久性损坏引起。

间歇性故障是指，在某种特定条件下才出现的或随机性的、存在时间短暂的故障。由于难以把握其出现的规律与时机，这种故障不易检测。例如，元器件虚焊是一种间歇性故障，是一种不容易检修的故障，因为当你动手检修的时候，故障又消失了。

3. 单故障和多故障

若某一时刻仅有一个故障，称为单故障；若同时可能发生若干个故障，则称为多故障。通常诊断多故障比诊断单故障更为困难。电子产品一般都是单故障，同时发生多个故障的概率总是很低的，因为多个元器件同时损坏的概率很低。

1.1.2 电子产品故障规律

研究电子产品故障出现的客观规律，分析电子产品发生故障的原因，可进一步提高电子产品的可靠性和可维修性。每一种产品出现故障虽然是个随机事件，是偶然发生的，但是大量产品的故障却呈现出一定的规律性。从产品的寿命特征来分析，大量使用和试验结果表明，电子产品故障率 $\lambda(t)$ 曲线的特征是两端高、中间低，呈浴盆状，习惯称之为“浴盆曲线”，如图 1-1 所示。

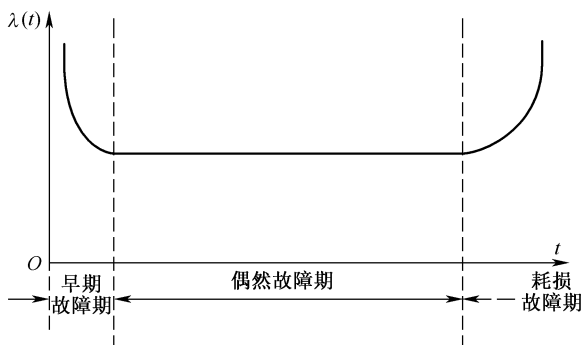


图 1-1 电子产品故障率“浴盆曲线”

从曲线上可以看出，电子产品的故障率随时间的发展变化大致可分为三个阶段。

1. 早期故障期

早期故障出现在产品开始工作的初期，这一阶段称为早期故障期。在此阶段，故障率高，可靠性低，但随工作时间的增加而迅速下降。电子产品发生早期故障的原因主要是由于设计、制造工艺上的缺陷，或者是由于元件和材料的结构上的缺陷所致。



2. 偶然故障期

偶然故障出现在早期故障之后，此阶段是电子设备的正常工作期，其特点是故障率比早期故障率小得多，而且稳定，故障率几乎与时间无关，近似为一常数。通常所指的产品寿命就是指这一时期。这个时期的故障是由偶然不确定因素所引起的，故障发生的时间也是随机的，故称为偶然故障期。

3. 耗损故障期

耗损故障出现在产品的后期。此阶段特点刚好与早期故障期相反，故障率随工作时间增加而迅速上升。损耗故障是由于产品长期使用而产生的损耗、磨损、老化、疲劳等所引起的。它是构成电子产品元器件的材料长期化学、物理不可逆变化所造成的，是电子产品寿命的“終了”。

上述是大量电子产品的统计规律。对于实际电子产品不一定都出现上述三个阶段。“浴盆曲线”也可看成是在成批电子产品中，有些电子产品故障率曲线是递增型的，如图 1-2 中的 $\lambda_3(t)$ ；有些是递减型的，如图 1-2 中的 $\lambda_1(t)$ ；而有些是常数型的，如图 1-2 中的 $\lambda_2(t)$ ；宏观表现出来的是三种故障率曲线叠加而成的，如图 1-2 中的 $\lambda(t)$ 。

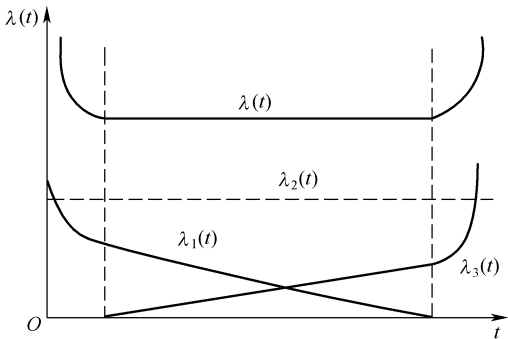


图 1-2 浴盆曲线组成

1.1.3 电子产品使用环境

任何电子产品都是在一定的环境中储存、运输及工作的，环境因素会对电子产品产生一定的影响，加速或造成电子产品损坏。通常接触到气候环境、机械环境及电磁环境，有的使用场合还存在着腐蚀性气体、粉尘或金属尘埃等特殊环境。

1. 温度

- 温度是环境因素中影响最广泛的一个，高温与低温都不利于电子产品正常工作。高温环境对电子产品的主要影响有：
- 1) 氧化等化学反应，造成绝缘结构、表面防护层迅速老化，加速被破坏。
 - 2) 增强水汽的穿透能力和水汽的破坏能力。
 - 3) 使有些物质软化、融化，使结构在机械应力下损坏。
 - 4) 使润滑剂黏度减小和蒸发，丧失润滑能力。
 - 5) 使物体发生膨胀变形，从而导致机械应力加大，运行零件磨损增大或结构损坏。
 - 6) 对于发热量大的电子产品来说，高温环境会使机内温度上升到危险程度，使电子元



器件损坏或加速老化,使用寿命大大缩短。

低温环境对电子产品的主要影响有:

1) 低温使空气的相对湿度增大,有时可能达到饱和而使机内元器件及印制板上产生“凝露”现象,使产品故障率大大增加。“凝露”现象在电子产品连续使用时几乎不会发生。而经常发生在长期闲置后,特别是在低温高湿的状况下刚刚开机的一段时间里。

2) 使润滑剂黏度增大或凝固而丧失润滑性能,甚至把转动部分胶住。

3) 低温可以使装置内的水分结冰,使某些材料变脆或严重收缩,造成结构损坏,发生开裂、折断和密封衬垫失效等现象。

2. 湿度

湿度也是环境中起重大作用的一个因素,特别是它和温度因素结合在一起时,往往会产生更大的破坏作用。高湿度使物理性能下降、绝缘电阻降低、介电常数增加、机械强度下降,以及产生腐蚀、生锈和润滑油劣化等。无论在电子产品使用状态还是运输保管状态都会引起这些问题。相反,干燥会引起干裂与脆化,使机械强度下降,结构失效及电气性能发生变化。

湿热是促使霉菌迅速繁殖的良好条件,也会助长盐雾的腐蚀作用,因此将湿热、霉菌和盐雾的防护合称“三防”,是湿热气候区产品设计和技术改造需要考虑的重要一环。

3. 气压

气压降低、空气稀薄所造成的影响主要有:散热条件差、空气绝缘强度下降、灭弧困难。气压主要随海拔的增加而按指数规律降低。空气绝缘强度与海拔的关系大体上是:海拔每升高 100m,绝缘强度约下降 1%。气压降低,灭弧困难,主要是影响电气接点的切断能力和使用寿命。

4. 盐雾

盐雾对电子产品的影响主要表现为其沉降物溶于水(吸附在机上和机内的水分),在一定温度条件下对元器件、材料和线路的腐蚀或改变其电性能。结果使电子产品的可靠性下降,故障率上升。

盐雾是一种氯溶胶,主要发生在海上与海边,在陆上则可因盐碱被风刮起或盐水蒸发而引起。盐雾的影响主要在离海岸约 400m,高度约 150m 的范围内。再远,其影响就迅速减弱。在室内,盐雾的沉降量仅为室外的一半。因此,在室内、密封舱内、盐雾的影响将变小。

5. 霉菌

霉菌是指生长在营养基质上面形成绒毛状、蜘蛛网状或絮状菌丝体的真菌。霉菌种类繁多。霉菌的繁殖是指它的孢子在适宜的温湿度、pH 值及其他条件下发芽和生长。最宜霉菌的温度是 20~30℃。霉菌的生长还需营养成分与空气。元器件上的灰尘、人手留下的汗迹、油脂等都能为它提供营养。

霉菌的生长直接破坏了作为它的培养基的材料,如纤维素、油脂、橡胶、皮革、脂肪酯脂、某些涂料和部分塑料等,使材料性能劣化,造成表面绝缘电阻下降,漏电增加。霉菌的代谢物也会对材料产生间接的腐蚀,包括对金属的腐蚀。



6. 机械环境

机械环境主要是指产品在储存、运输及使用的过程中所承受的机械振动、冲击和其他形式的机械力。在运输过程中电子产品必然会受到机械振动的影响。当然，在运输和储存的情况下生产厂家会设计合理的包装来减小机械振动对它的影响。在安装和搬动时，要防止摔打、滚动等情况发生，以免使紧固件松脱、机械构件或元器件损坏。在运行中则要靠产品本身和安装时采用的防振措施来抵消机械振动的影响。对于电子产品，最具破坏的现象是整机或其组成部件与外界的机械振动发生共振，严重的共振可使元器件、组件和机箱结构断裂或损坏。

一般情况下，电子产品都要求安装在专门的电气控制室或其他基本没有机械振动的地方。所谓基本没有振动，通常是指当振动频率在 $0.1 \sim 14\text{Hz}$ 范围内时，振动幅度不超过 0.25mm 。

有些电子产品，安装在有较强振动的主机上，如柴油机、码头装卸机械或车辆、船舶等运输工具上，则应按照应用现场的振动条件，考虑必要的防振措施。

7. 电磁场

在电子产品各种使用场所的空间里充满着各种电磁场，其中有各个广播电台、无线电通信设备发射的高频电磁波，各种电气设备产生的电磁场与电磁波，雷电与宇宙射线造成的电磁波及地球磁场等。

在相对湿度较低的干燥环境中，身穿化纤衣服的工作人员在绝缘较好的地板上行走时，会因摩擦而带上电荷，从而使其对地电位达到数千伏或更高，当电压超过 6kV 时，作为带电体的人，将通过其较突出的部位，如手指等，向周围尖端放电。在放电过程中会产生高频电磁波。当带电人员接近电子产品时，也会对产品的外壳等金属部件放电，产生电火花。

数字式、智能式电子产品，对一般高频电磁波和电磁场并不十分敏感。这是因为它们的工作电平较高。一般都超过 1V 。有些电子产品的模拟信号输入电路的电平可低到 $10\mu\text{V}$ ，但它们的频率响应范围很低，一般只有几十到几百赫兹。所以不大于数百毫伏的射频感应电动势并不足以影响电子产品的正常工作。

由于电子产品的信号频率日益提高，电子元器件的工作电平，尤其是工作电流大幅度降低，静电放电干扰对电子产品安全使用的危害越来越严重。

8. 供电电源品质

理想的供电电源应是一个频率、幅值均等于规定值且恒定不变，波形为理想正弦曲线的交流电压源。实际供电电源只能接近理想状态。

品质较好的电网频率波动范围为 $\pm 0.5\%$ ，幅度波动范围为 $+5\% \sim -10\%$ ；较差电网的电网频率波动可达到 $\pm 1\%$ ，幅度波动为 $+10\% \sim -15\%$ 。在用电器紧张地区，波动幅度更大，已属于不正常运行状态。

电子产品一般都内设直流稳压电源，必要时还要加接交流稳压器，可适应很大的电源波动范围。大多数电子产品对电网频率波动不敏感。影响电子产品使用可靠性的主要因素是：尖刺形与高频阻尼振荡形的瞬态干扰电压及电源电压的瞬时跌落。

尖刺形与高频阻尼振荡形的瞬态电压对电子产品威胁最大，因为各种瞬时电压的幅值高（可达几千伏），频谱宽（可达几百兆赫兹）。其产生原因主要是：由于某一负载回路发生短



路故障，使附近其他负载上的端电压突然跌落，当故障回路的断路器或熔断器因过流而自动切断故障电路时，线路电压会立即回升，并产生尖刺形瞬时过电压；另外是雷电感应。

9. 信号线路中的电气噪声干扰

电子产品一般都有较多的输入、输出信号连接线。连接线短则几米，长则几十米甚至可达数百米。在实际现场中，信号线路所用电线、电缆往往与其他电力电缆敷设在一起，它们之间会产生电或磁的耦合。因此信号线上不仅有信号在传输，而且还有各种耦合进来的不需要的电信号——电气噪声干扰。

同时，还有一个电子产品内部相互干扰问题。

1.1.4 电子产品日常维护

认真做好电子产品的日常维护工作，对于延长电子产品寿命，减少电子产品故障，确保电子产品正常工作具有十分重要的作用。电子产品日常维护的措施大致可归纳为防热、防潮、防尘、防腐蚀、防磁等多个方面。

1. 防热

因为绝缘材料的抗电强度会随温度的升高而下降，且电路中元器件的电参数受温度的影响也很大，所以对于电子产品的“温升”有一定限制，通常规定不超过 40°C ；电子产品的最高工作温度也不应超过 65°C 。用手背触及电子产品中的发热部位，以不烫手为限。电子产品在摆放时，应与墙壁保持一定的距离，确保通风驱热性能良好。

2. 防潮

电子产品内部的变压器及其他线绕元器件的绝缘程度会因受潮而下降，从而发生漏电、击穿、霉烂和断线等问题，使电子产品出现故障。因此，对电子产品必须采取有效的防潮与驱潮措施。对于长期闲置不用的电子产品，应按说明书要求或在每年雨季后定期通电驱潮。

温度的剧变也会吸附潮气。在我国北方地区，冬季室内外温差可达 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。当电子产品从室外移至室内时，电子产品表面附有潮气，应及时检查擦净。

3. 防尘

由于灰尘有吸湿性，故当电子产品内积有灰尘时，会使电子产品绝缘性能变坏，或使活动部件和接触部件磨损加剧，或导致电击穿，以致电子产品不能正常工作。因此，要保证电子产品处于良好的工作状态，首先应保持其外表清洁。

平时要用毛刷、干布或沾有绝缘油的抹布、纱团，将电子产品备外表擦刷干净。禁止使用沾水的湿布抹擦。如设备外壳沾附松香或焊油，应使用沾有酒精或四氯化碳的棉花擦除。

对电子产品内部的积尘，通常利用检修的机会，使用橡胶气囊或长毛刷吹刷干净。吹刷过程中应避免触动石英钟体、振动子等插接式器件。若要拆卸，应事先做好记号，以免复位时插错位置。

4. 防腐蚀

电子产品应避免靠近酸性或碱性物体。对装有干电池的遥控器、收录机等电子产品，应定期检查，以免发生漏液或腐烂。如遥控器、收录机等较长时间不用时，应取出电池另行存放。



5. 防磁

有些电子产品应避免靠近磁性物体。如彩色电视机的防磁十分重要，若电视机靠近磁性物体，则显像管中的电子束受外磁场影响，将偏离正确的扫描轨迹，导致色纯度不良。

任务 1-2 维修常用工具使用

电子产品维修常用工具有：万用表、示波器、信号发生器、电烙铁、螺丝刀、镊子钳等。本任务将介绍这些常用工具的正确使用方法与技巧，并要求学生掌握好这项基本功。

1. 学习目标

最终目标：能使用电子产品维修常用工具。

促成目标：1) 能正确使用万用表。

2) 能正确使用示波器。

3) 能正确使用信号发生器。

4) 能正确使用电烙铁及各种拆装工具。

5) 能将多脚电子元器件从印制电路板中拆下来。

2. 活动设计

1) 万用表、示波器、信号发生器使用练习。

2) 电子元器件的拆卸往往比焊上去更难。可采购一些废旧电视机电路板，让学生练习电子元器件的拆卸，尤其要练习多脚电子元器件（如行输出变压器、集成电路）的拆卸。

3) 在印制电路板上进行贴片元件的焊接练习。

3. 相关知识

由于万用表、示波器、信号发生器的常规使用已在前面课程中介绍，因而相关知识部分将重点介绍这些工具的使用注意事项。另外，重点介绍多脚电子元器件的拆卸技巧及贴片元件焊接技巧。

1.2.1 万用表

万用表是最常用的维修工具，有指针式（模拟式）万用表和数字式万用表两大类，如图 1-3 所示。电路中的电阻、电压、电流等都是采用万用表来测量，万用表的使用技巧很多，本任务仅介绍万用表使用中的一些注意事项。

1. 测量电阻时的注意事项

1) 首先应调零，将两表棒短路，调节“调零”控制器，直到指针指示零欧姆。

2) 注意选择使指针偏向刻度中心右方的电阻量程。由于电阻刻度是对数刻度，因此，高阻端数值很密集，从而降低了这些区域上精确度。

3) 绝不能用手接触或握住电阻来进行电阻测量，因为皮肤的电阻可能影响读数。

4) 不能在通电的电路中测量电阻。

5) 对于电路板上电阻的测量，要确信没有别的元件与被测量的电阻器相并联。与电阻器相并联的变压器、晶体管、二极管、线圈及其他电阻器可能影响电阻值的测量。当有疑



问时，要断开被测电阻器的一个端头。



(a) 指针式万用表



(b) 数字式万用表

图 1-3 万用表外形图

2. 测量直流电压时的注意事项

- 1) 在测量之前，首先选择直流电压挡，并选择合适的电压量程，在不明确被测电压大小的情况下，电压量程尽量选择得大一些。
- 2) 万用表表棒连接必须正确，即红表棒接在高电位端、黑表棒接在低电位端。
- 3) 要注意万用表可能对待测电路的加载，亦即万用表自身的电阻与待测量元件并联时，减小总的组合电阻，从而降低了元件两端的电压。

3. 测量交流电压时的注意事项

- 1) 万用表灵敏度在交流测量时比直流测量时要小，因此负载效应可能更严重。
- 2) 要确信被测交流电压的频率是处在仪器制造厂的规定范围内。某些万用表的最高允许频率可能低到 60Hz。
- 3) 万用表只对平均值有响应，因此，若交流电压具有直流分量，则读数将出错，因为它不能单独表示交流分量的有效值或峰值。为了隔离直流电平，可以将一外部电容器与万用表相串联。

4. 测量直流电流时的注意事项

- 1) 在测量之前，首先选择直流电流挡，并选择合适的电流量程，在不明确被测电流大小的情况下，电流量程尽量选择得大一些。
- 2) 万用表表棒连接必须正确，即红表棒接在高电位端、黑表棒接在低电位端。
- 3) 注意万用表可能对进行电流测量的电路加载，亦即当万用表内阻与待测电路串联时，流过电路的总电流可能要减小。通常，选择大的电流量程时，万用表内阻很小，但在微安量程上则可能大到 1kΩ 左右。

1.2.2 示波器

示波器是电子产品故障检修中最有用的仪器，利用示波器能观察各种不同信号幅度随时间变化的波形曲线，还可以用它测试各种不同的信号参数，如电压、电流、频率、相位差、调幅度等。示波器通常由示波管和电源系统、同步系统、X 轴偏转系统、Y 轴偏转系统、延



迟扫描系统、标准信号源等组成。下面以 DF4320 型示波器为例，介绍示波器使用注意事项。

DF4320 型双踪示波器如图 1-4 所示。它具有两个独立的 Y 通道，可同时测量两个信号。同步系统具有 TV 同步，能很方便观察测量电视信号。同步电路具有“锁定电路”，能自动同步各种波形，无须再调电平，从而简化操作。仪器内附有 1kHz、0.5Vp-p 的探极调整信号，可供仪器内部校准。

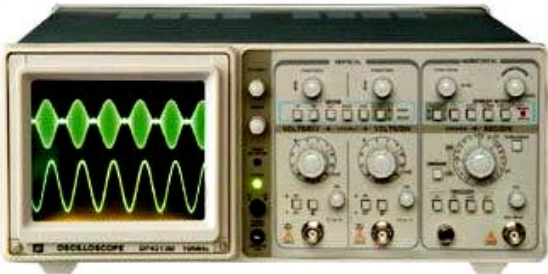


图 1-4 DF4320 双踪示波器

1. 示波器使用前的调整与自校

- 示波器使用前的调整与自校方法如下：
- 1) 接通电源，电源指示灯亮，稍等预热，屏幕中出现光迹，分别调整亮度和聚焦旋钮，使光迹的亮度适中、清晰。
 - 2) V/div 置 0.1V/div，t/div 置 0.5ms/div。
 - 3) 用示波器附件中的探极，分别接到 CH1 输入端和校准信号输出端。
 - 4) 调整电平旋钮使波形稳定，分别调节垂直移位和水平移位旋钮，使波形与图 1-5 吻合。
 - 5) 将探极移到 CH2 输入端，重复 4) 操作。

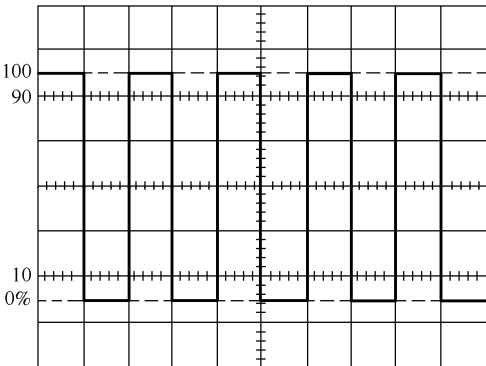


图 1-5 校准信号波形

2. 电压波形测量注意事项

- 1) 选择正确的输入耦合方式。DC 为直流耦合，适用于包括直流成分的被测信号，AC 为交流耦合，输入信号中的直流被隔断。
- 2) 如果要测量波形的幅度，则应将 Y 微调按顺时针旋转并接通开关，即“校准”位置。
- 3) 根据被测信号波形幅度选择合适 V/div 量程，V/div 选得太小，只能观察波形垂直方



向的局部；V/div 选得太大，波形垂直方向被压缩。例如，被测信号幅度为 $0.5V_{p-p}$ ，V/div 应选为 $0.1V/div$ ；被测信号幅度为 $100V_{p-p}$ ，V/div 应选为 $20V/div$ ；被测信号幅度为 $1000V_{p-p}$ ，除 V/div 选为 $20V/div$ 以外，探极上的衰减比开关应拨在 10:1 位置。

4) 根据被测信号波形周期选择合适的 t/div 量程。t/div 选得太大，波形水平方向压缩；t/div 选得太小，波形水平方向拉长。例如，被测波形周期为 $20ms$ ，t/div 应选为 $5ms/div$ 较合适；如被测波形周期为 $64\mu s$ ，t/div 应选为 $20\mu s/div$ 较合适。

5) 如果测试时无波形，可能是垂直移位或水平移位旋钮没有调整好。如果示波管出现一条垂直线，则只要调节触发“电平”按钮，可使波形稳定出现在示波管中。

6) 波形的幅度计算。被测电压峰-峰值计算公式为：

$$\text{峰-峰值 } V_{p-p} = n \times A \times B$$

式中， n 为探极衰减比， B 为 Y 轴 V/div 开关所处量程， A 为波形的峰-峰值，如图 1-6 所示。例如，探极衰减比 n 为 1，Y 轴灵敏度 B 为 $0.2V/div$ ，波形的峰-峰值 A 为 $2div$ ，则被测信号的峰-峰值为： $V_{pp} = 1 \times 2div \times 0.2V/div = 0.4V$ 。

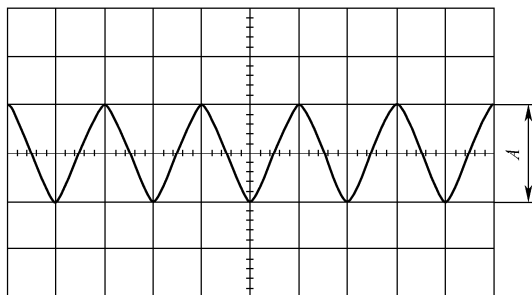


图 1-6 示波器交流分量电压测量显示图

7) 波形的周期（频率）计算。波形周期 T 的计算公式为：

$$\text{周期 } T = a \times b$$

式中， b 是 t/div 开关所处量程， a 是被测波形上 P 、 Q 两点的距离，如图 1-7 所示。例如，扫描时间 t/div 置于 $2ms/div$ ，被测两点 P 、 Q 之间的距离为 $5div$ ，则 P 、 Q 两点时间间隔就是波形的周期 T ， $T = 5div \times 2ms/div = 10ms$ 。

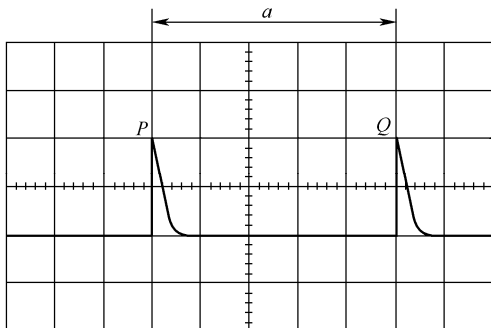


图 1-7 示波器周期测量显示图



1.2.3 函数信号发生器

在电子产品维修过程中,有时需要向电路注入相应信号,然后通过观察注入信号后的反映来检测故障。函数信号发生器是一种多波形信号源,如图 1-8 所示,它能产生正弦波、三角波、锯齿波、矩形波以及各种脉冲信号,输出电压的大小和频率都能方便地进行调节。由于其输出波形均可以用数学函数描述,因而称为函数信号发生器。



图 1-8 函数信号发生器

1. DF1641 函数信号发生器

DF1641 能产生正弦波、方波、三角波、正向及反向脉冲波、正向及反向锯齿波、TTL 和 CMOS 脉冲波。脉冲波的宽度和锯齿波的斜率可调。DF1641 有外接电压控制频率(VCF)输入功能、有直流偏置功能、有 TTL 和 CMOS 同步输出功能。A 系列频率计可作内部频率显示,也可外测频率。主要技术参数如下。

频率范围: 0.1Hz~2MHz

方波边沿: 小于 100ns

正弦波的失真: $\geq 1\%$ (10~100Hz)

VCF 范围: 1:1000

直流偏置范围: 0~ ± 10 V 连续可调

输出幅度: 大于 20V_{p-p}

输出阻抗: 50 Ω

频率计测频范围: 10Hz~10MHz

2. 函数信号发生器的使用注意事项

1) 将信号输出插座与示波器 Y 轴输入端相连。

2) 开启电源开关,LED 屏幕上有数字显示,示波器上可观察到信号的波形,此时说明函数发生器工作正常。

3) 按照所需要的信号频率,按下频率范围选择开关适当的按键,然后调节频率微调旋钮,通过 LED 屏上显示的频率观察,使频率符合要求为止。

4) 调节输出幅度调节旋钮,可改变输出电压的幅度,首先选择适当的误差倍数按键,再通过调整微调旋钮,使幅度符合要求为止。

5) 若需调整信号的对称性或占空比,则应按下占空比/对称度选择开关,调节占空比/对称度调节旋钮,可使方波变为占空比可以变化的脉冲波,或者使三角波变为斜波,而对正弦波无效。



- 6) 在使用中, 输出端的两根引线不可任意放置, 以防止短路而造成仪器损坏。
- 7) 使用结束时, 应将输出衰减置于最大挡, 输出细调置于零位, 以备下次使用。

1.2.4 电烙铁与焊接方法

电子元器件焊接技术是维修过程中必须要掌握好的一项基本功。在维修过程中, 当查出故障元器件后, 须将有故障元器件从印制电路板中拆下来, 然后将新的元器件装上去, 这都离不开电烙铁焊接拆装技术。焊接技术不过硬, 在拆装过程中会损坏印制电路板, 甚至可能导致印制板电路报废, 造成重大损失。

1. 电烙铁

电烙铁是必不可少的工具, 一般有外热式电烙铁、内热式电烙铁、吸锡电烙铁, 如图 1-9 所示。

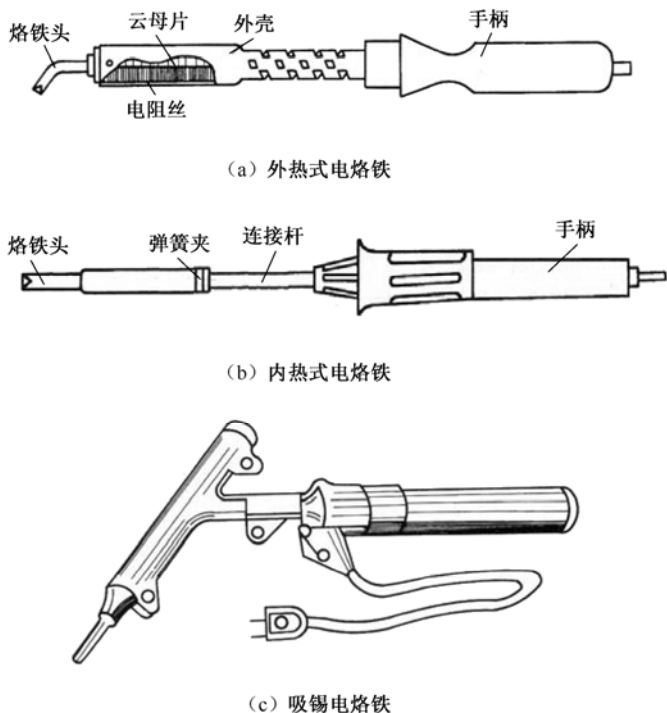


图 1-9 各种电烙铁

外热式电烙铁是将发热元件包在烙铁芯外面来加热, 外热式电烙铁功率大, 工艺复杂、效率低、价格高。60W 左右外热式电烙铁, 可焊接一些引脚较粗的元器件, 如电池夹、电视机中的行输出变压器、插座引脚等。

内热式电烙铁的发热元件装在烙铁头里面, 芯子是采用极细的镍铬电阻丝绕在瓷管上制成的, 在外面套上耐高温绝缘管。烙铁头的一端是空心的, 它套在芯子外面, 用弹簧夹紧固。内热式电烙铁结构简单, 热效率高, 轻巧灵活。20W 内热式电烙铁主要用来焊接晶体管、集成电路、电阻器和电容器等元器件。

吸锡电烙铁能够方便地吸附印制板焊点上的焊锡, 使焊接件与印制板脱离, 从而可以方



便地拆下某些已损坏的电子元器件。吸锡电烙铁主要用于拆卸集成电路等多引脚元器件。也可采用热气流枪（熔锡）拆卸多引脚集成电路。

电烙铁使用中的注意事项有：

1) 新电烙铁要进行安全检查，具体方法是，用万用表的 $R \times 10k$ 挡，分别测量插头两根引线 with 电烙铁头（外壳）之间的绝缘电阻，应该均为开路，若测量有电阻，说明这个电烙铁存在漏电故障。

2) 新电烙铁要先烫锡，具体方法是，用锉刀将烙铁头锉一下，使之露出铜芯，然后通电，待电烙铁刚有些热时，将烙铁头接触松香，使之粘些松香，待电烙铁全热后，给烙铁头吃些焊锡，这样电烙铁头上就烫了焊锡。

3) 通电后的电烙铁，在较长时间不用时，应拔下电源引线，不要让其长时间加热，否则会烧死电烙铁。烙铁烧死后，烙铁头就不能焊锡，此时要用锉刀锉去烙铁头表面的氧化物，再烫上焊锡。

4) 在维修中，要养成一个良好的习惯，即电烙铁要放置在修理桌上的某一固定位置上，不能随便乱放，千万不要与塑料机壳相碰。

5) 买来的电烙铁电源引线一般是橡胶线，当烙铁头碰到引线时就会烫坏皮线，为了安全起见，应换成防烫的导线。在更换电源线之后，还要进行安全检查，主要是引线头不能碰在电烙铁的外壳上。

6) 对于晶体管和集成电路，如果焊接温度较高或焊接时间较长，都可能造成元器件损坏。另外，印制板铜箔在高温长时间加热的情况下也很容易与基板脱离。

2. 焊接材料

1) 焊锡丝：最好使用低熔点的细的焊锡丝，细焊锡丝管内的助焊剂量正好与焊锡用量一致，而粗焊锡丝焊锡的量较多。在焊接过程中若焊点成为豆腐渣状，这很可能是焊锡质量不好，或是高熔点的焊锡丝，或是电烙铁的温度不够，这种焊点的质量是不过关的。

2) 助焊剂：用助焊剂来辅助焊接，可以提高焊接的质量和速度。在焊锡丝的管芯中有助焊剂，当烙铁头去熔化焊锡丝时，焊锡丝芯内的助焊剂便与熔化的焊锡融合在一起。专门的助焊剂主要有成品助焊剂和松香。成品助焊剂是酸性的，对线路板有一定的腐蚀作用，所以用量不要太多，焊完焊点后最好擦去多余的助焊剂；松香是平时常用的助焊剂，松香对线路板没有腐蚀作用，但使用松香后的焊点有斑点，不美观，此时可以用酒精棉球擦净。

3) 清洗液：维修中用的清洗液有纯酒精、专用高级清洗液及专用清洗液。一定要使用纯酒精清洗液，纯酒精不含水分，所以它是绝缘的，不会引起电路短路，也不会使铁质材料生锈，它挥发快，成本低。

3. 普通元器件的焊接方法

普通的电阻、电容、电感、晶体管引脚比较粗大，焊装方法如图 1-10 所示。先将元器件引脚弯曲，尺寸与安装孔距相等，如图 1-10 (a) 所示；将元器件引脚插入电路板孔中，如图 1-10 (b) 所示；插入后，将引脚向两侧变曲，如图 1-10 (c) 所示；用电烙铁将引脚焊牢，如图 1-10 (d) 所示；焊接时要使焊锡充分熔化，如图 1-10 (e) 所示；焊接后电烙铁离开焊点时，应使焊点成圆形，如图 1-10 (f) 所示；最后剪去多余引脚。

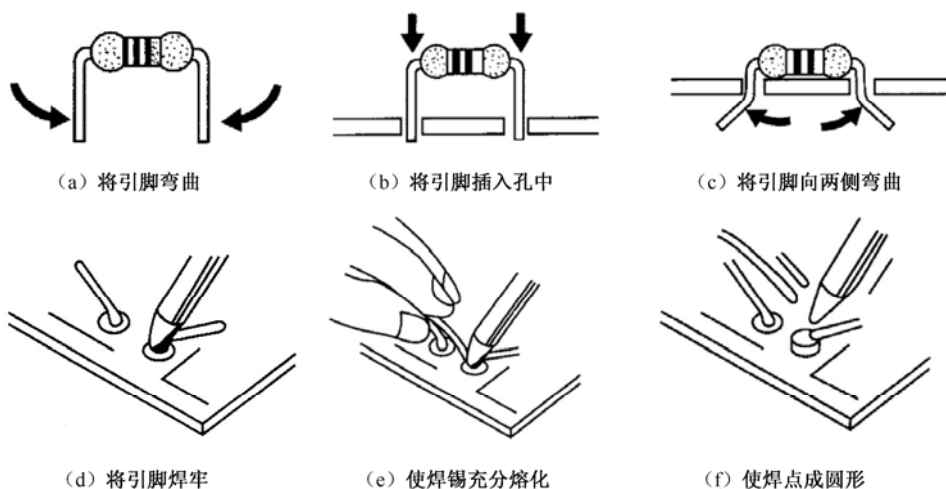


图 1-10 普通元件焊接方法

4. 多脚元器件的拆装方法

在现代电子产品中，多脚元器件日益增多，特别是各种集成电路和转换开关，往往有几十个焊脚。在维修过程中，要拆焊这些零件比较困难，这里介绍几种常用的拆焊方法。

1) 用锡焊电烙铁拆装多脚元器件。锡焊电烙铁是拆焊的专用工具，其烙铁头中间为一个细管，当烙铁烫熔了接点上的焊锡之后，按烙铁上的按键，弹簧活塞弹出，细管即把焊锡吸掉，焊脚脱离印制板。如此一个一个引脚的拨离，直到全部引脚均脱离印制板后，即可取下多脚元件。

2) 用注射器针头拆装多脚元件。当电烙铁熔化引脚上的焊锡后，迅速将注射器针头套入元件引脚中并转动，使元件引脚与印制板焊孔隔离。注射器针头应磨平，粗细适当，针孔能套入元件引脚，针头能穿入到印制板焊孔中。

3) 用金属网带拆装多脚元器件。这是一种毛细管吸锡的方法，就是将易吃锡的金属网带置于待拆焊的接点上，将电烙铁放在金属网带上，当焊锡熔化时即被金属网带吸收，元件脚自然脱离印制电路板。

5. 贴片元件的焊接方法

随着电子技术的发展，电路朝微型化的方向发展，目前大量采用的是贴片元件。这种元件体积小，质量轻，检测和更换都有一定难度。下面介绍其检查和更换的方法。

1) 检查断裂和损坏的贴片元件。贴片元件断裂损坏等情况是不易发现的，检查方法如图 1-11 所示。将电烙铁焊开一个贴片元件的焊点（2~3s），如果是断裂的元件，它的一端就



图 1-11 贴片元件的检查方法



会脱落下来。注意在印制板上的停留时间不要过长，否则会烫坏印制板或元件。

2) 取下贴片电阻、电容。取下贴片电阻、电容的方法如图 1-12 所示。首先将元件的一端焊开，然后用镊子夹住元件再焊开另外一端，同时用镊子在水平方向扭转取下元件。

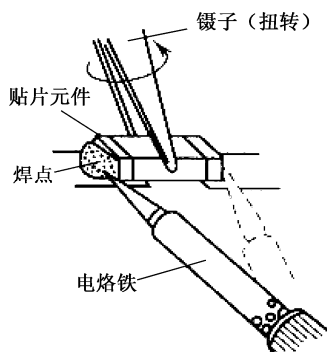


图 1-12 取下贴片元件的方法

3) 取下三极管。取下三极管的方法如图 1-13 所示。首先焊开一个焊点（用镊子夹住另一端），如图 1-13 (a) 所示；然后将一端焊脚撬起，如图 1-13 (b) 所示，注意如果一端抬起过高容易损坏印制板；三极管另一端焊点有两个，要同时焊开两个焊点，元件才能取下，如图 1-13 (c) 所示。

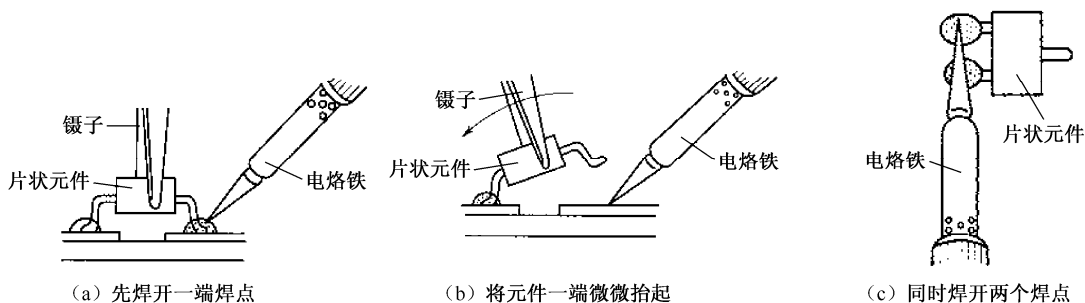


图 1-13 拆卸三极管的方法

4) 重新安装新元件。首先将损坏的元件焊掉，清洁板面和焊点。再将一端焊点烫上一点锡，用镊子夹住元件，分别将两端焊点焊好，如图 1-14 所示。

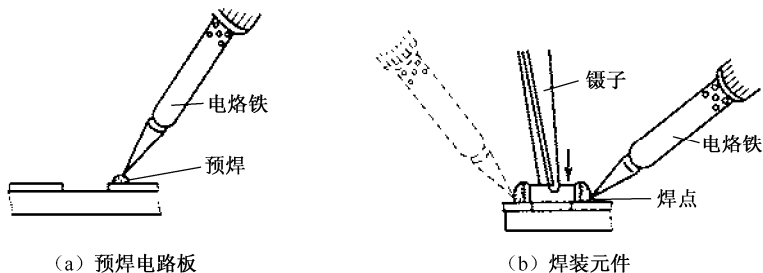


图 1-14 重新安装新元件的方法

5) 取下贴片集成电路。集成电路的引线脚比较多，取下来很不容易，一不小心就会把



印制板上的铜皮弄掉，或者折断引线脚。有条件的话，可以使用专门的集成电路焊取设备，如图 1-15 所示。它有很多加热点，可以同时加热集成电路的各引线脚，使焊锡同时熔化，从而取下贴片集成电路。

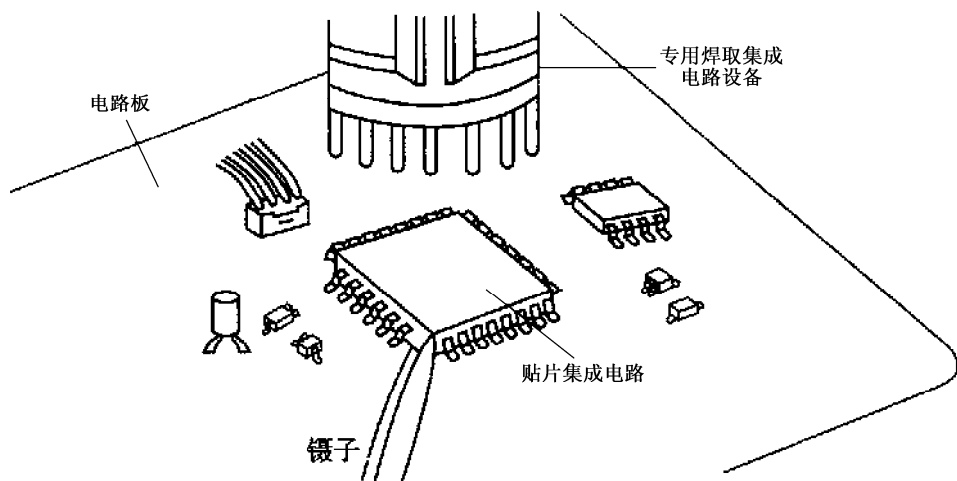


图 1-15 使用专门集成电路焊取设备

如无上述条件，可按如图 1-16 所示的方法，用吸锡绳（也可用电缆屏蔽层代替）将所有引线脚上的焊锡全部吸掉。

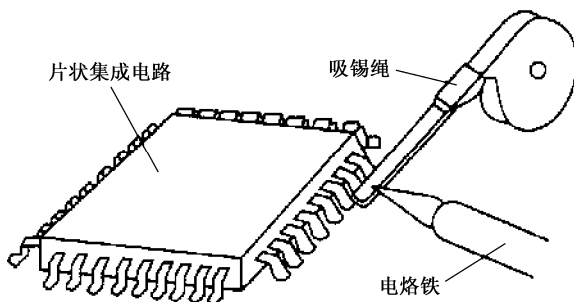


图 1-16 用吸锡绳将焊锡吸掉

再按如图 1-17 所示的方法，将各引线脚一个个地撬起，就可以取下集成电路了。

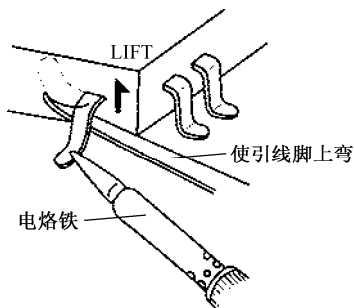


图 1-17 将引线脚一个个地撬起



也可以采用如图 1-18 所示的方法, 将一根金属线穿过引线脚空隙。焊开焊点可以用热气流枪, 也可以用电烙铁, 一边熔化焊点一边拉过金属丝, 当金属丝从引脚下通过时就把一排引脚线焊开了。

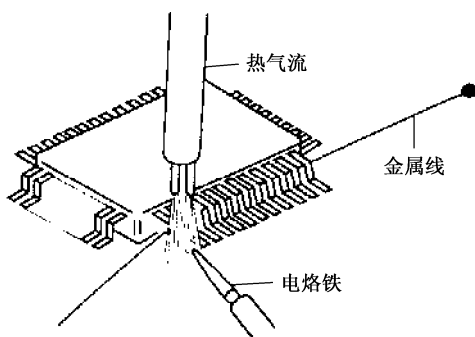


图 1-18 使用金属丝焊取集成电路

1.2.5 其他工具

1. 钳口工具

在元器件拆装过程中, 需要用工具夹持元器件的引脚或导线等, 或将元器件的引脚弯绕成某一形状, 这就需要用到钳口工具。钳口工具有尖嘴钳、平嘴钳、圆嘴钳及镊子钳等, 如图 1-19 所示。

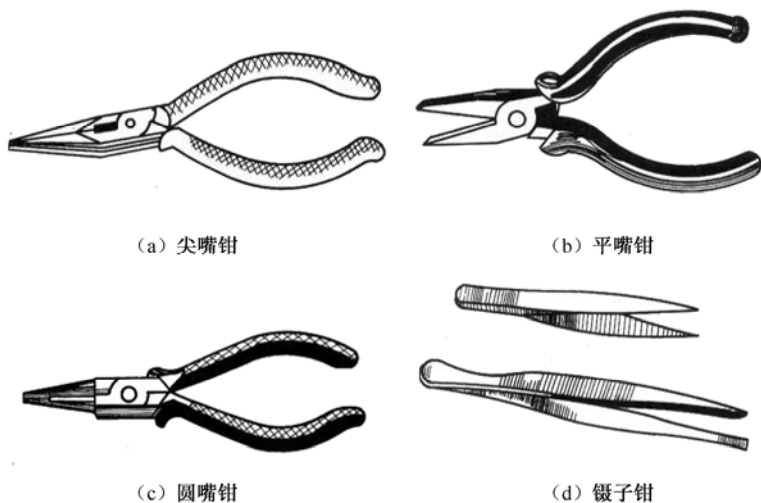
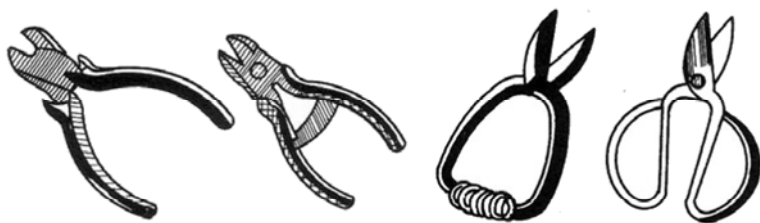


图 1-19 钳口工具

2. 剪切工具

在元器件装配过程中, 需要采用剪切工具剪切导线, 需要将元器件过长的引脚剪除。剪切工具有偏口钳、剪刀等, 如图 1-20 所示。



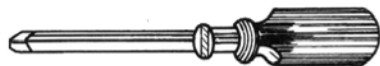
(a) 偏口钳

(b) 剪刀

图 1-20 剪切工具

3. 紧固工具

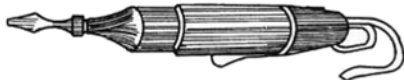
紧固工具如图 1-21 所示,用于紧固和拆卸螺钉螺母,它包括螺钉旋具、螺母旋具和各类扳手等。螺钉旋具也称螺丝刀,改锥或起子,常用的有一字形、十字形两大类,并有自动、电动、风动等形式。



(a) 十字形螺钉旋具



(b) 一字形螺钉旋具



(c) 机动螺钉旋具



(d) 螺母旋具

图 1-21 紧固工具

任务 1-3 维修方法、程序及注意事项

电子产品维修工作一定要注意它的科学性,采用科学的维修方法、遵循科学的维修程序,是维修人员必须掌握的基本功之一。另外,要养成注意维修安全的好习惯。

1. 学习目标

最终目标:能正确选用电子产品故障检修方法,在维修过程中不犯错误。

促成目标:1) 熟悉各种检修方法与技巧;

2) 熟悉各种检修方法的应用场合;

3) 能正确选用故障检修方法;

4) 在电子产品维修过程中不犯错误。

2. 活动设计

写一份某音频功率放大电路无声故障的检修方案(方法选用、检修步骤及安全检修方案)。



3. 相关知识

相关知识部分将介绍电子产品维修常用方法：感观法、电阻测量法、电压测量法、电流测量法、信号注入法、波形测量法、替代法等，并介绍电子产品维修程序及电子产品维修注意事项。

1.3.1 电子产品维修方法

电子产品故障检修方法很多，有以万用表、示波器为主要工具的浅知识故障检修方法，如电阻测量法、电压测量法、电流测量法、信号注入法、短路与开路法等，这些方法易学又实用；也有以专家系统、小波分析、模糊推理、神经网络、Agent 理论、强跟踪滤波器、信息融合等理论应用的智能化故障诊断方法，这些方法虽然科学，但理论性太强、实用性差。本任务将介绍浅知识故障检修方法的使用技巧及应用场合。

1. 观察法

观察法就是凭感官的感觉进行故障判断，即一看、二听、三闻、四摸。观察法是检修时的首要方法，并且贯穿于整个检修过程。观察法是对故障的初步判断，还需要进一步测试才能确定故障部位。观察法分为不通电观察法和通电观察法。

不通电观察法就是在不通电情况下，仅凭眼、鼻、耳、手等感官的感觉对故障原因进行判断的方法。在不通电的情况下，先仔细观察待修电子产品的外表，查看开关、旋钮、按键、插口、电源连线等有无松脱、卡阻、滑位、断线等现象。然后打开电子产品的外壳盖板，观察内部元器件、零部件、插件、电路连线、印制电路板、电源变压器和行输出变压器等有无烧焦、漏液、发霉、变色、脱焊、击穿、松脱、断开和接触不良等问题。

通电观察法是在通电情况下，凭眼、鼻、耳、手等感官的感觉对故障部位及原因进行分析判断的方法。通电观察法特别适用于检查引起跳火、冒烟、异味、发热、打火和烧熔丝等故障现象的部位与原因的判断。为了防止故障的扩大，以及便于反复观察，通常通电时间不宜过长。

2. 电阻测量法

电阻检查法就是通过测量电路中的元器件引脚之间或引脚对地之间的电阻值是否正常来判断故障的方法。电子产品的电路中若有元器件损坏，必然以电阻值不正常的形式反映出来，因此，电阻测量法是普遍、简捷、有效、迅速的检修方法。

当电阻、电容、电感、三极管、集成电路等电子元器件损坏后，其引脚之间的电阻值往往发生变化，引脚对地之间电阻值也往往发生变化。因此，判断电子元器件是否损坏的主要方法是测量其引脚的电阻值。

在用万用表测量时，由于集成电路或晶体管 PN 结的作用，有时测试正反向电阻不一致，一般正反向电阻均要测试。万用表型号不同，其内阻也不同、测试结果也不一定完全相同。

对于熔丝烧断、机内冒烟、打火等故障的电子产品，在通电前一定要先进行电阻测量法检查，以防止故障扩大和引发不安全事故。

需说明的是，电子产品的电阻测量法必须在关机状态下进行。



3. 电压测量法

电压测量法是通过测量待修电子产品的电源电压、集成电路各脚电压、晶体管各脚电压、电路中各关键点的电压,与正常工作时的电压值进行对比,通过分析,找出故障所在部位的方法。电子产品的电路中若有元器件损坏,必然以电压不正常的形式反映出来,因此,电压测量法也是普遍、简捷、有效、迅速的检修方法。

测量三极管 **b-e** 结之间的电压值,可判断三极管的工作状态是否正常。

1) 放大电路类:以 **NPN** 型晶体放大管为例,正常情况时,发射结正偏,即 $U_b > U_e$,硅管 U_{be} 为 **0.7V** 左右,锗管 U_{be} 为 **0.3V** 左右,这是判断三极管是否工作在放大状态的重要依据。

2) 振荡电路类:在电子产品中,有一些振荡电路,对于分立元件振荡电路,当正常工作时,振荡三极管的 **b-e** 结电压明显比放大管小,甚至出现反偏。因此,振荡三极管 **b-e** 结电压值偏小或反偏是判断振荡器正常工作的一个很重要的依据。

3) 开关电路类:在电子产品中,一些三极管工作在开关状态。如电视机中的行推动管工作在开关状态,导通时 U_{be} 为 **0.7V**,截止时 U_{be} 为 **0V**,其平均电压为 **0.3~0.4V**。又如电视机中的行输出管,导通时 U_{be} 为 **0.7V**,截止时 **b-e** 结反偏,故 **b-e** 结的平均电压为接近于零的负压。由此可以判断行输出级与行推动级的工作状态。

需说明的是,对于集成电路引脚电压测量,由于各引脚焊点间距很小,测量时万用表表棒不要造成相邻引脚短路。

4. 电流测量法

电流测量法是通过测量电路中的直流电流是否正常来判断故障所在的方法。电流测量往往比电阻、电压测量更能定量反映各电路的工作正常与否。

电流测量法需要把万用表串在电路中进行测量,因此操作比较麻烦。可采用间接测量方法来测量电阻,即测量电阻两端电压降,通过计算求得电流值。如在测量彩色显像管束电流时,由于在束电流回路中常有取样电阻供测束电流用,因此可用间接测量法测量。

电流测量法常用于检查电路是否过流。

5. 信号注入法

信号注入法是通过将信号注入到待检修电子产品的某些电路中,然后观察信号注入后的反应来判断故障所在的方法。

注入的信号应与电路相匹配,若电路是低频电路,则应注入低频信号;若电路是高频电路,则应注入高频信号。如在音频放大电路的故障检修中,将低频信号从后级至前级逐步注入,若电路正常,扬声器中应有低频声,若信号输入至某点时扬声器中没有低频声,则故障在该点后面的电路。如在音视频电子产品中,信号注入法对于确定无图像或无伴音故障的发生部位非常有效。

在实际检修过程中,信号注入法要用到信号发生器,这很不方便,比较实用的是用万用表电阻挡作干扰信号的注入方法。利用万用表电阻挡接有电池的功能,将万用表置于电阻 $R \times 1k$ 挡,并将其正表笔接地,用负表笔从后到前逐级碰触电路的输入端,此时,将产生一系列干扰脉冲信号,由于这种干扰脉冲的谐波分量频率范围很宽,故能通过各种电路。对于电视机,当实施万用表电阻挡干扰法检修时,通过观察屏幕干扰噪波或扬声器干扰噪声,可



以判断故障的部位。在某些反应较迟钝的点,可采用万用表 $R \times 100$ 挡或 $R \times 10$ 挡,因为万用表内阻越小,其输入电流就越大,反应就越明显。

6. 波形测量法

波形测量法就是用示波器对各被测点的信号输出波形或频率特性进行测量、观察、比较和分析,根据波形正确与否来判断电路是否正常工作的方法。电压测量法只能测直流电压,而波形测量法则能检查电路的动态功能是否正确,因此检测结果更为准确可靠。当用万用表不能确定故障部位时,用示波器测交流波形往往能收到很好效果。如电视机中的振荡信号、色度信号、色同步信号及副载波信号的有无检查,只能采用波形测量法。

由于扫频仪是一种扫频信号发生器与示波器结合的测试仪器,所以可直观地观测被测电路的频率特性曲线,便于在电路工作的情况下观察其频率特性是否正常,并调整电路,使其频率特性符合规定要求。用它来观察频率特性也称为波形测量法。另外,扫频仪除检测频率特性外,还可测量增益、品质因素、输入/输出阻抗和传输线特性阻抗等。

7. 替代法

替代法就是对于可疑的元器件、印制电路板、插入式单元部件等,通过试换来查找故障的方法,又称试换法。

在检修电子产品时,通常先使用相同型号、规格的元器件、印制电路板、插入式单元部件等,暂时替代有疑问的部分。如故障现象消失,说明被替代部分存在问题,然后再进一步检查故障的原因。这对于缩小检测范围和确定元器件的好坏很有帮助,特别对于检修结构复杂的电子产品的故障最为有效。替代法可确定故障部位或缩小故障范围,但不一定能确定故障原因。

替代法在板级检修中经常使用,如笔记本电脑、液晶电视机检修。更换一块电路板虽然排除了故障,但检修成本较高。元器件级检修应尽量少用替换法,因为将可疑元器件从印制板上拆下来再将替代元器件焊上去,很不方便。

8. 隔离分割法

隔离分割法又称开路法,就是把可疑部分从整机电路或单元电路中断开,即脱焊电路连线的一端或取出有关的元器件和单元板插件,观察其对故障现象的影响,也叫断路法、分段查找法。隔离分割后如故障现象消失,则故障部位就在被断开的电路上。也可单独测试被分割电路的功能,以期发现问题所在部位,便于进一步检查产生故障的原因。特别是在当今电子产品越来越复杂,在多插件、积木式结构的情况下,隔离分割法应用越来越广。

对于一些存在反馈的电路,因前后电路相互牵制,不宜采用隔离分割法。例如,断开负反馈系统的反馈网络,整个系统变为开环系统,性能发生改变,所测得的数据不可能准确。

对于多路负载的电源过流故障等,可采用隔离分割法来确定故障部位。以收音机过流故障为例,如图 1-22 所示,若收音机电池很快用完,则就是过流故障,可在电源开关处测量总电流,若电流确实很大,可分别在 a、b、c、d、e 处断开供电,若 a 处断开后总电流恢复正常,则是功率放大级过流;若 b 处断开后总电流恢复正常,则是音频放大级过流;若 c 处断开后总电流恢复正常,则是检波级过流;若 d 处断开后总电流恢复正常,则是中频放大级过流;若 e 处断开后总电流恢复正常,则是变频级过流。

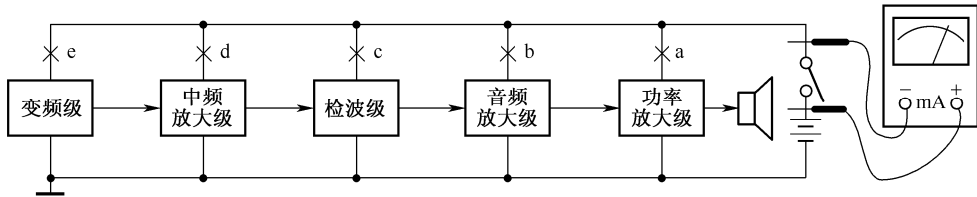


图 1-22 用隔离分割法确定故障范围

9. 整机比较法

整机比较法就是将待修电子产品与同类型完好的电子产品进行比较，比较电路的工作电压、波形、工作电流、对地电阻和元器件参数的差别，找出故障部位的方法，又称为同类比对法。

整机比较法适用于检修缺少正常工作电压数据和波形参数等维修资料的电子产品，或适用于检修难于分析故障的复杂电子产品。

10. 故障字典法

故障字典法故障诊断的基本思想是：首先提取电子电路在各种故障状态下的特征（如各电路节点电位等），然后将特征与故障一一对应地建立一个故障字典，在实际诊断时，只要获取电路的实时特征，就可以从故障字典中查出与此对应的故障。

故障字典分为直流故障字典与交流故障字典两大类。故障字典法的缺点是：建立故障字典的工作量是很大的，通常只能建立硬故障字典及单故障字典。

11. 短路法

短路法又称交流短路法和电容旁路法，该方法是利用电容对交流阻抗小的特点，将电子产品电路中的某些信号对地短路，以观察其对故障现象的反应。此法对于噪声、纹波、自激及干扰等故障的判断比较方便。如在检修收音机噪声大故障时，如图 1-23 所示，可用一只电容从后向前逐级（a、b、c、d、e 各点）将信号的输入或输出端对地短路，若噪声消失，则说明故障在前面电路。

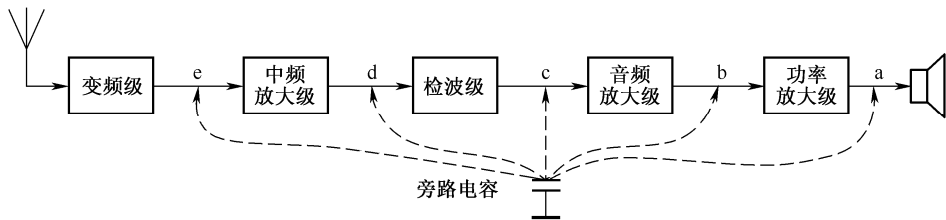


图 1-23 用短路法来确定故障范围

12. 升降温法

升降温法通常用于检修热稳定性不好的电子产品。产品热稳定性差通常是某元器件热稳定性差引起的。

1) 升温法：用电吹风对电子产品适当加热，促使其故障发生，以便于判断。

2) 降温法：用酒精棉花对被怀疑为热稳定性不好的元器件进行冷却，若冷却到某元器件后，故障消失，则被冷却的元器件肯定就是热稳定性差的元器件。



1.3.2 电子产品维修程序

电子产品维修是一项理论与实践紧密结合的技术工作，既要熟悉电子产品的基本原理，又要熟悉单元电路工作过程及其调试技能；另外，维修经验的积累也十分重要。要做好电子产品的维修工作，必须遵循一套科学的维修程序。电子产品维修程序通常包括以下7个方面。

1. 客户询问

检修前，向客户了解电子产品发生故障的过程及其出现的故障现象，这对于进行故障诊断很有帮助。需了解的情况主要有以下几个方面：

- 1) 故障发生的时间。故障是发生在运行一段时间还是一开机就有故障等。
- 2) 故障发生的现象。即故障是突发的还是渐变的，面板上的指示灯或荧光屏上的图像有何变化，机内有无打火声或不正常声响，有无焦糊味、发光或冒烟等故障现象。
- 3) 故障发生时操作人员的动作行为。例如动过什么旋钮，按过什么开关，操作步骤是否有误等。
- 4) 故障史及维修史。以往的故障史，对确定目前故障的类型很有帮助，尤其对一些曾经发生过相类似的故障，可借鉴以前的故障检修方法，以提高维修效率。以往的维修史，对现在故障检修也很有帮助，要了解以前发生故障时是怎样检修的。

2. 查阅资料，熟悉工作原理

对于复杂电子产品，查阅电子产品的档案资料是维修的前提。电子产品的档案资料应包括产品使用说明书、电路原理图、电路结构框图、装配图等图样资料，产品检验书、维修手册、运行维修记录、合格证等。

3. 不通电观察

为尽快查出故障原因，通常先初步检查电子产品面板上的开关、按键、旋钮、插口、接线柱等有无松脱、滑位、断线、卡阻和接触不良等问题，然后打开外壳，检查内部电路的电阻、电容、电感、晶体管、集成电路、电源变压器、石英晶体、熔丝和电源线等是否烧焦、漏液、霉烂、松脱、虚焊、断路、接触不良和印制电路板插接是否牢靠等问题。这些明显的表面故障一经发现，应立即予以修复，这样就可能修好电子产品。

4. 通电观察与操作

不通电观察结束后，接着应进行通电观察与操作，即在开机通电的情况下，进行必要的操作运行，以确定被测产品的主要功能和面板装置是否良好，对进一步观察故障部位和分析故障性质很有帮助。但当出现烧熔丝、跳火、冒烟和焦味等故障现象时，通电观察应慎重。

5. 故障检测诊断

根据故障现象以及对电子产品工作原理的研究，只能初步分析可能产生故障的部位和原因，要确定发生故障的确切部位，必须进行检测，通过检测—分析、再检测—再分析，才能查出损坏的元器件。在进行故障检测诊断时应遵循：先思考后动手、先外部后内部，先直流后交流、先电源后其他，先粗后细、先易后难，先一般后特殊，先大部位后小部位的原则。



6. 故障处理

电子产品的故障，大都是由个别元器件松脱、损坏、变值、虚焊，或个别接点短路、断开、虚焊和接触不良等原因引起的。通过检测查出故障后，就可进行故障处理，即进行必要的选配、更新、清洗、重焊、调整和复制等整修工作，使电子产品恢复正常的功能。

7. 试机检验

电子产品故障修复后，要通电试机检验，当确保电子产品正常工作后，再移交给用户。

1.3.3 电子产品维修注意事项

电子产品维修工作一定要注意它的科学性和技术性，并要注意维修工作中的安全性：一是维修人员的人身安全，二是电子产品的安全。要养成一个大胆细心，随时注意安全的好习惯。避免因操作不当而损坏电子产品、扩大电子产品故障范围或发生触电事故。在维修过程中应注意以下几个事项。

1. 维修前准备事项

维修前要向用户了解清楚电子产品损坏的经过；准备好电子产品图纸，掌握该机器的信号流程及各关键点的工作电压和信号波形，使维修过程中有正确的依据。

在开始检修之前，应仔细阅读待修电子产品的使用说明书、检修手册中的“产品安全性能注意事项”和“安全预防措施”等相关内容。

在检修经过长期使用的电子产品或机内积满灰尘的电子产品时，可先除去灰尘并将相关接插件和可调元器件清洗一下，这样通常能起到很好的效果，有些故障也会因此而自然排除。

维修场所的环境应该确保安全、整洁、通风。在地面和工作台面上，都要铺上绝缘的橡皮垫，以进一步保证人身的安全。工作台上的橡皮垫，还可以防止对电子产品外壳的磨损和产生划痕。

2. 维修安全注意事项

目前国内外生产的大多数电子产品（如电视机、计算机等），采用开关电源电路，其特点之一就是 对 220V/50Hz 交流电直接进行桥式整流电容滤波，这使得电路底板（接地点）成为热底板，即底板通过整流二极管与 220V/50Hz 交流电的火线相连，如图 1-24 所示。人身触及电路底板就可能造成触电事故。另外由于仪器外壳与底盘的静电电位不等会造成电源短路，从而导致机器内部元器件损坏。

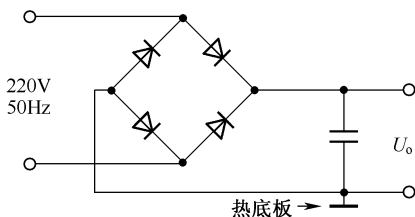


图 1-24 电路底板带电示意图

所以，检修热底板电子产品时，应使用隔离变压器。这个电源隔离变压器的匝数比为 1:1。初级接 220V/50Hz 交流电源，次级接电子产品。通过变压器初、次级的隔离，使电子产品的



底板为冷底板，即产品接地点与 220V/50Hz 交流电是隔离的。

对于电视机维修，其显像管高压极一般有 28~30kV 高压，这容易产生放电和电击事故。由于显像管高压极与玻壳之间的电容量较大，即使关机后较长时间还会有电荷积存，如果要检查显像管高压极，须进行放电，才能接触电极。放电时，万用表置直流电压挡，红笔接显像管高压极，黑笔接地，大约需 30 秒，万用表电压读数才降为 0V，放电如图 1-25 所示。

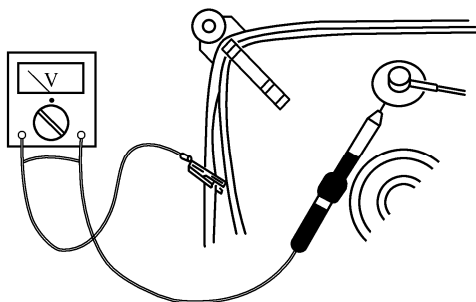


图 1-25 电视机高压极放电示意图

3. 维修过程注意事项

工作台上的电烙铁要妥善安置，防止烫坏电子产品的外壳或其他零部件。拆下来的螺钉、螺母、旋钮、后盖、底板、晶体管等零部件和元器件要妥善放置，防止无意中丢失或损坏。

拆下元器件时，原来的安装位置和引出线要有明显标志，可采取挂牌、画图、文字标记等方法。拆开的线头要采取安全措施，防止浮动线头和元件相碰，造成短路或接地等故障。

掉入机内的螺钉、螺母、导线、焊锡等，一定要及时清除，以免造成人为故障或留下隐患。

在带电测量时，一定要防止测试探头与相邻的焊点或元件相碰，否则可能造成新的故障，检测集成电路引脚时尤为重要。

当拆下或拉出电子产品的底盘进行检修，放置在工作台上时，要保证桌面清洁和绝缘，特别注意不要把金属工具放在电子产品下面，防止发生人为的短路故障。

在未搞清情况之前，不能随意调整机内的各种连线，特别是中高压部分连线，以免出现干扰而造成电路不稳定。

电视机遇到水平或垂直一条亮线的故障时，要把亮度调至最小，如果遇到亮度失控的故障，应尽量缩短开机时间，以防止损坏显像管或大功率晶体管。

对于一些不太了解或不能随便调整的元件，如中频变压器、高频调谐线圈等，在没有仪器配合调整的情况下，不要随便调动，否则一旦调乱，没有仪器很难恢复。

4. 更换元器件注意事项

在更换元器件时，要认真仔细地检查代用件与电路的连接是否正确，特别要注意接地线的连接。有的电子产品某部分印制电路地线的连通，是靠某个元件的外壳实现的。在更换元器件后一定要将这两部分地线连接起来，以免造成人为的故障。

遇到熔丝烧断或其他保护电路发生动作的情况，不要輕易地恢复供电。要查明熔丝烧断或保护电路发生动作的原因，不允许换用大容量的熔丝或用导线代替熔丝，以免扩大故障，损坏其他元件。

电视机的显像管是高真空器件，在更换安装时，双手应抓住屏幕边缘两侧，切不可只抓



管颈搬运显像管，以免造成人为损坏。

知识梳理与总结

- 1) 维修人员应了解电子产品故障类型及规律，熟悉环境对电子产品的影响，才能做好电子产品日常维护工作。
- 2) 常用工具使用是重要的维修基本功，尤其是万用表、示波器的使用，必须非常熟练。
- 3) 维修人员必须学会在印制电路板上拆装电子元器件，这是重要的维修基本功，其中多脚元器件、贴片元器件的拆装是难点，应多练习。
- 4) 维修方法的选用非常重要，方法不妥，事倍功半。本项目仅对各种维修方法作简单的介绍，方法的掌握需要多练习，需要在后面的电路级、产品级故障检修中加以巩固。
- 5) 维修人员若不了解维修注意事项，就会在维修过程中犯人为错误。

思考与练习 1

1. 什么是硬故障？什么是软故障？
2. 为什么电子产品故障率 $\lambda(t)$ 曲线的特征是两端高、中间低，呈浴盆状？
3. 请各举一个例子，说明温度、湿度对电子产品的影响。
4. 供电电源质量对电子产品有哪些影响？
5. 在万用表的使用中，你经常会犯哪些错误？今后怎样避免？
6. 在示波器的使用中，你经常会犯哪些错误？今后怎样避免？
7. 三极管放大状态、振荡状态、开关状态下的 b-e 结之间的电压测量值为什么不一样？
8. 电子产品故障检修常用方法有哪些？这些方法各适用于什么场合？
9. 在测量集成电路有些引脚的对地电阻时，为什么红表棒（黑表棒接地）测出来的电阻值与黑表棒（红表棒接地）测出来的电阻值不一样？
10. 在用信号注入法排查故障时，为什么万用表可用作信号源？
11. 在电子产品电路中，接地点又称为底板，何为热底板与冷底板？
12. 电子产品维修一般要经过哪些程序？
13. 怎样才能做到安全检修？



项目 2

元器件级故障检测

电子产品由各种元器件组成，元器件损坏的原因主要有两个，一是不正常的电气条件，二是不正常的环境条件。电子产品发生故障的原因是因为元器件有故障，维修的最终结果就是在电子产品中找出有故障的元器件并更换之，从而使电子产品的功能恢复正常。因此，电子产品元器件故障的在路检测是维修技术中的一项重要基本功。

本项目共有 7 个任务：任务 2-1 是电阻器故障检测，任务 2-2 是电容器故障检测，任务 2-3 是电感线圈及变压器故障检测，任务 2-4 是半导体器件故障检测，任务 2-5 是集成电路故障检测，任务 2-6 是电声器件故障检测，任务 2-7 是彩色显像管调整与故障检测。

学习导航

学习 目标	最终目标	能在印制板中检测常用电子元器件故障
	促成目标	1) 熟悉常用元器件的故障现象 2) 掌握常用元器件故障在路检测技巧 3) 会进行常用元器件故障在路检测 4) 会对彩色显像管进行调整
教师 引导	知识引导	元器件质量的非在路检测，通常在电子技术基础课程中有介绍。本项目在知识引导中主要对元器件的故障现象及在路检测技巧进行分析
	技能引导	在印制板中对常用元器件进行人为故障设置，然后要求学生检测出有故障的元器件。只有反复训练，才能掌握技巧
	重点把握	电阻器用量大，三极管故障率高，应作为重点训练。显像管调整是为进一步学习电视机故障检修打基础
	建议学时	16 学时



任务 2-1 电阻器故障检测

1. 学习目标

最终目标：能在印制电路板中对电阻器故障进行检测。

促成目标：1) 熟悉电阻器故障现象；

2) 掌握电阻器故障在路检测技巧；

3) 能用万用表在路检测电阻器故障。

2. 活动设计

活动内容：

以东芝 TA 两片机芯电视机伴音功放电路为例进行操作设计，电路如图 2-1 所示。

1) 用万用表测量图 2-1 所示电路中各电阻器的阻值，注意万用表的红/黑表棒使用技巧，将实测阻值与实际阻值列表比较，分析哪些电阻器的实测值与实际值相近。

2) 在图 2-1 所示电路中，人为地将一些电阻器设置为开路损坏，要求能用万用表找出阻值为无穷大的损坏电阻。

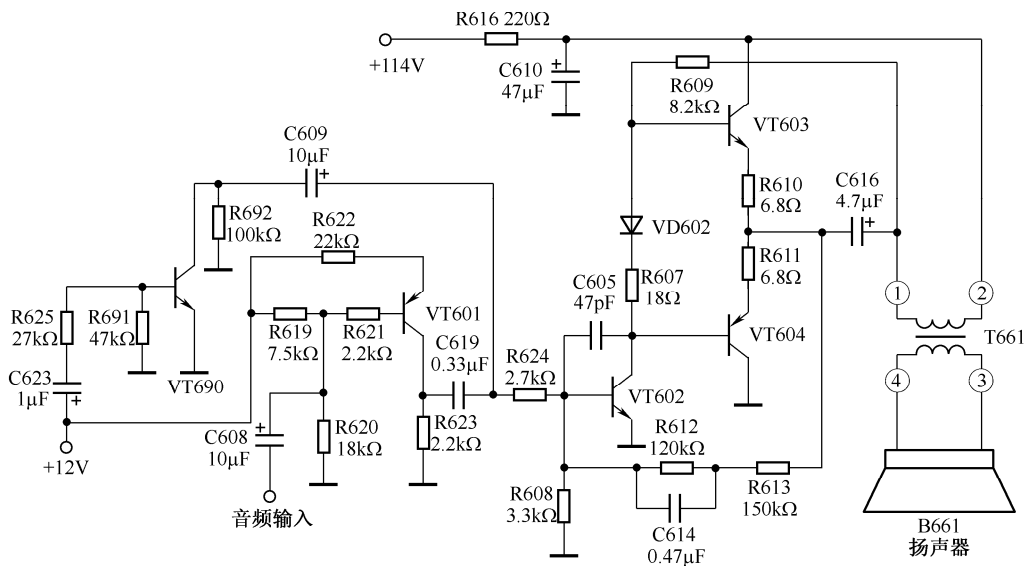


图 2-1 电阻器故障在路检测操作电路

工具准备：东芝 TA 两片机、万用表、电烙铁等。

时间安排：20 分钟。

3. 相关知识

相关知识部分主要分析电阻器的故障现象，并重点介绍普通电阻器的故障在路检测技巧，以及其他特殊电阻器的故障检测技巧。



2.1.1 电阻器故障现象

电阻器在电子产品中用量最大。电阻器按其构造形式分为线绕电阻器和非线绕电阻器；按其阻值是否可调分为固定电阻器和可调电阻器（电位器）；按其功率分为 $1/8\text{W}$ 、 $1/4\text{W}$ 、 $1/2\text{W}$ 、 1W 、 2W 、 5W 等规格；按材料可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、氧化膜电阻器、线绕水泥电阻器等；按用途可分为普通电阻器、压敏电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器及熔丝电阻器等；按阻值可分为 1Ω 、 2Ω 、 3.3Ω 、 4.7Ω 、 5.6Ω 、 6.2Ω 等。

提示：选用电阻器的依据是：阻值、功率、用途。

由电阻器故障导致的电子产品故障的比率相当高，据统计约占 15%。电阻器故障有使用故障与质量故障两大类。使用故障是因为电阻器是一种发热元件，当电阻器功率不够大时，则电阻器在使用过程中就要发热烧坏，电阻器烧坏后表面发黑，阻值变为无穷大，眼睛很容易观察出来。

质量故障是由于电阻器质量不好引起，眼睛不能观察出质量故障，必须用万用表测量出来。电阻器质量与其结构及工艺特点等有关，电阻器失效可分为致命失效和参数漂移失效两类，从实际使用统计表明，电阻器失效的 85%~90% 属于致命失效，致命失效即导致电阻器的阻值变为无穷大，即开路，主要原因有引线断裂、接触不良等。参数漂移失效即向阻值增大方向漂移，但不会向阻值减小方向漂移，通常大电阻更容易发生此现象。

提示：电阻器的故障现象是：开路、阻值增大。

2.1.2 电阻器故障检测

判别电阻器的好坏首先应从其外观上进行判别，观察电阻器表面涂层是否变色、有无损伤，以及通电后的发热情况等。因为电阻烧毁时，往往表面发黑或变色，从外观进行判别，快速而且直观。在判别外观的基础上用万用表测量其阻值，若阻值在误差范围以内，则说明此电阻器是好的。下面介绍各类电阻器的主要检查方法。

1. 普通电阻器故障在路检测

将万用表两表笔分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际电阻值。为了提高测量精度，应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。由于欧姆挡刻度的非线性关系，它的中间一段分度较为精细，因此应使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置，即全刻度起始的 20%~80% 弧度范围内，以使测量更准确。根据电阻误差等级不同，读数与标称阻值之间分别允许有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 或 $\pm 20\%$ 的误差。若超出误差范围，则说明该电阻值变值了。

测试时，特别是在测量几十千欧以上阻值的电阻时，手不能触及表笔和电阻的导电部分；在电路中检测电阻时，要注意并联在被测电阻两端的其它元器件的阻值对被测结果的影响。若要精确测量其阻值，则至少要焊开一个头，以免电路中的其他元件对测试产生影响，造成测量误差；色环电阻的阻值虽然能以色环标志来确定，但在使用时最好还是用万用表测试一下其实际阻值。

当印制电路板中的电阻器发生故障时，检查电阻器故障最准确的办法是，将电阻器从印制电路板中焊下来再测量，但如果电阻器是好的，则又要将电阻器焊回去，这就非常麻烦。



实际上用万用表在印制电路板中就可以判断大部分电阻器是否有故障。

受印制板中其他元器件的影响，在印制电路板中不可能准确地测量电阻器的阻值，测出来的电阻值总要比实际值小，如果测出来的电阻值比实际值大，则这个电阻器一定是发生了开路故障。

如果万用表的红、黑表棒使用得当，在印制电路板中测量一些电阻器的阻值还是非常准确的。下面以图 2-2 所示电路为例，说明电阻器在路测量技巧。

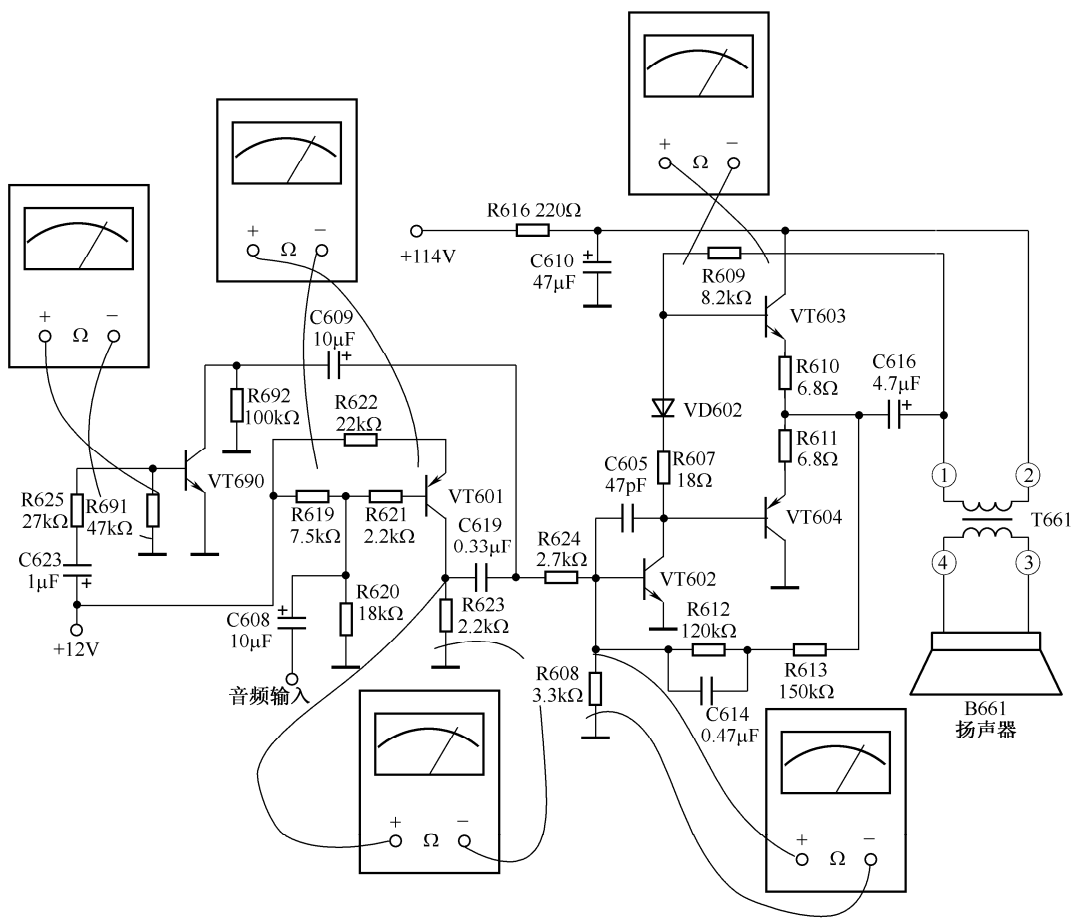


图 2-2 电阻器故障在路检测示意图

R691 的测量：当红表棒搭在 R691 的上方，则 VT691 的 be 结反偏截止，再由于 C623 对万用表中的直流是开路的，所以 R691 的测量与非在路测量一样，非常准确。

R622 的测量：当红表棒搭在 R622 的右端，则 VT601 的 be 结反偏截止，VT601 不影响 R622 的测量，阻值测量非常准确。

R623 的测量：当红表棒搭在 R623 的上方，则 VT601 的 bc 结反偏截止，再加上 C619 对万用表中的直流是开路的，所以 R623 的测量与非在路测量一样，非常准确。

R609 的测量：当黑表棒搭在 R691 的左方，则 VT603 的 bc 结正偏导通，再加上 VD602 也正向导通，这将影响 R609 的阻值测量。如果将红、黑表棒对调一下，则测量结果就准确了。



R608 的测量：当红表棒搭在 R608 的上方，则 VT602 的 be 结反偏截止，再加上 C605、C609、C619、C614 对万用表测量中的直流是开路的，R612 阻值也很大，对 R608 测量的影响较小，所以 R608 的阻值测量也是比较准确的。

同理，R625、R607、R610、R611 等电阻器的阻值电路测量也可以做到非常准确。

小结：印制电路板中的很多电阻都可以准确地测量，关键是万用表的红、黑表棒使用有技巧，即要确保被测电阻旁边的二极管、三极管截止。

2. 熔丝电阻

在电路中，当熔丝电阻器熔断开路后，可根据经验作出判断。若发现熔丝电阻器表面发黑或烧焦，可断定是其负荷过重，通过它的电流超过额定值很多倍所致；如果其表面无任何痕迹而开路，则表明流过的电流刚好等于或稍大于其额定熔断值。对于表面无任何痕迹的熔丝电阻器好坏的判断，可借助万用表 $R \times 1$ 挡来测量，若测得的阻值为无穷大，则说明此熔断电阻器已失效开路；若测得的阻值与标称值相差甚远，表明电阻变值，已不宜再使用。

3. 电位器

检查电位器时，首先要转动旋柄，看看旋柄转动是否平滑，开关是否灵活，开关通、断时“喀哒”声是否清脆，并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音，如有“沙沙”声，说明质量不好。用万用表测试时，先根据被测电位器阻值的大小，选择好万用表的合适电阻挡位，然后可按下述方法进行检测。

电位器结构如图 2-3 所示。用万用表的欧姆挡测“1”、“3”两端，其读数应为电位器的标称阻值，如万用表的指针不动或阻值相差很多，则表明该电位器已损坏。

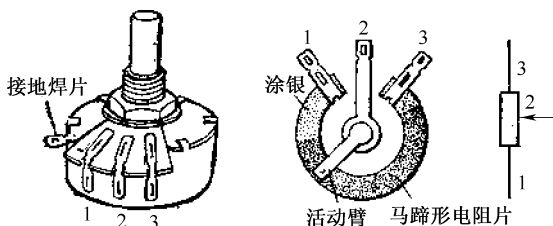


图 2-3 电位器结构

检测电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好。用万用表的欧姆挡测“1”、“2”（或“2”、“3”）两端，将电位器的转轴按逆时针方向旋至接近“关”的位置，这时电阻值越小越好。再顺时针慢慢旋转轴柄，电阻值应逐渐增大，表头中的指针应平稳移动。当轴柄旋至极端位置“3”时，阻值应接近电位器的标称值。如万用表的指针在电位器的轴柄转动过程中有跳动现象，说明活动触点有接触不良的故障。

4. 热敏电阻

检测时，用万用表 $R \times 1$ 挡，具体可分两步操作：一是常温检测（室内温度接近 25°C ），将两表笔接触 PTC 热敏电阻的两引脚测出其实际阻值，并与标称阻值相对比，二者相差在 $\pm 2\Omega$ 内即为正常。实际阻值若与标称阻值相差过大，则说明其性能不良或已损坏。二是加温检测，将一热源靠近热敏电阻对其加热，同时用万用表检测其电阻值是否随温度的升高而变化，其



中正温度系数热敏电阻随温度的升高而增大，而负温度系数热敏电阻随温度的升高而减小，说明热敏电阻正常；若阻值无变化，说明其性能变劣，不能继续使用。

5. 压敏电阻

用万用表的 $R \times 1k$ 挡测量压敏电阻两引脚之间的正、反向电阻应均为无穷大；否则，说明漏电流大。若所测电阻很小，说明压敏电阻已损坏，不能使用。

6. 光敏电阻

用一黑纸片将光敏电阻的透光窗口遮住，此时万用表的指针基本保持不动，阻值接近无穷大。此值越大说明光敏电阻性能越好；若此值很小或接近为零，说明光敏电阻已烧穿损坏，不能再继续使用。

将一光源对准光敏电阻的透光窗口，此时万用表的指针应有较大幅度的摆动，阻值明显减小，此值越小说明光敏电阻性能越好。若此值很大甚至无穷大，表明光敏电阻内部开路损坏，不能再继续使用。

将光敏电阻透光窗口对准入射光线，用小黑纸片在光敏电阻的遮光窗上部晃动，使其间断受光，此时万用表指针应随黑纸片的晃动而左右摆动。如果万用表指针始终停在某一位置不随纸片晃动而摆动，说明光敏电阻的光敏材料已经损坏。

任务 2-2 电容器故障检测

1. 学习目标

最终目标：能在印制电路板中对电容器故障进行检测

促成目标：1) 熟悉电容器故障现象；

2) 掌握电容器的故障在路检测技巧；

3) 能采用替换法检测电容器故障。

2. 活动设计

活动内容：

以东芝 TA 两片机芯电视机伴音功放电路为例进行操作设计，电路如图 2-1 所示。

1) 选择万用表电阻挡量程，对印制板电路中的各电容器进行充放电测试，记录哪些电容器有充放电现象供观察。

2) 人为地将一些 C808、C619、C616 耦合电容器中的一只设置为失效损坏，于是扬声器无声，要求用替换法找出失效电容。

工具准备：东芝 TA 两片机、万用表、若干电容器等。

时间安排：20 分钟。

3. 相关知识

相关知识部分主要介绍电容器击穿、开路、电参数退化的故障现象，并重点介绍电容器故障在路与在路检测技巧。



2.2.1 电容器故障现象

电容器主要由金属电极、介质层和电极引线组成，可以储能、充电、放电，具有通交流隔直流的特性，是电子产品电路中的主要元件。电容器种类很多、耐压也不尽相同，按容量是否可调可分为：固定电容器、可调电容器、微调电容器。固定电容器按绝缘介质不同可分为：金属化电容器、云母电容器、瓷片电容器、涤纶电容器、玻璃釉电容器、铝电解电容器、钽电解电容器等，如图 2-4 所示。电容在电子产品中的主要作用是耦合、滤波、旁路、谐振、退耦、隔直及充、放电等。

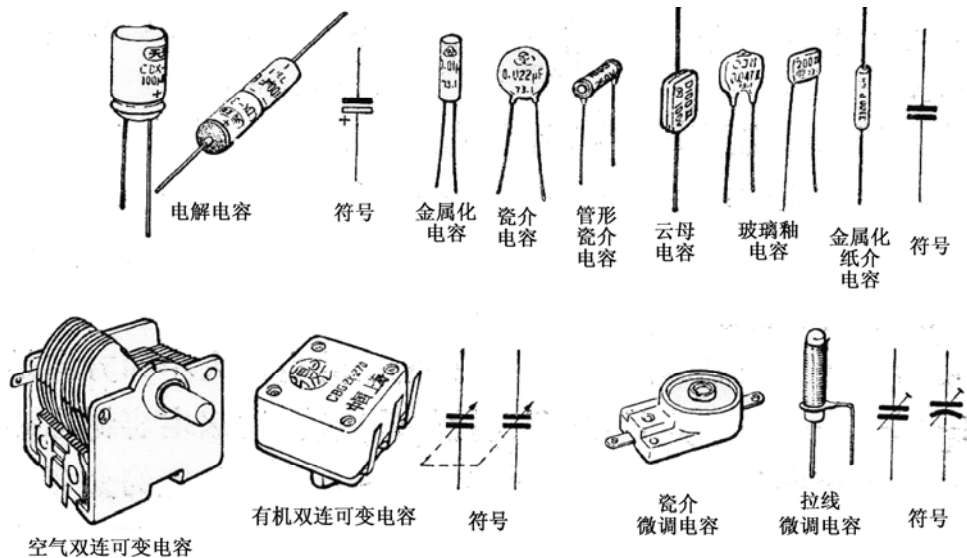


图 2-4 各类电容器及符号

提示：选用电容器的主要依据是：容量、耐压。

电容器常见故障有击穿、开路、电参数退化、漏电等。

- 1) 击穿：①介质中存在斑点、缺陷、杂质或导电粒子；②介质材料的老化；③金属离子迁移形成导电沟道或边缘飞弧放电；④介质材料内部气隙击穿或介质电击穿；⑤介质在制造过程中机械损伤；⑥介质材料分子结构的改变。
- 2) 开路：①引出线与电极接触点氧化而造成低电平开路；②引出线与电极接触不良或绝缘；③电解电容器阳极引出金属箔因腐蚀而导致开路；④工作电解质的干涸或冻结；⑤在机械应力作用下工作电解质和电介质之间的瞬时开路。
- 3) 电参数退化：①潮湿或电介质老化与热分解；②电极材料的金属离子迁移；③残余应力存在和变化；④表面污染；⑤材料的金属化电极的自愈效应；⑧工作电解质的挥发和变稠；⑦电极的电解腐蚀或化学腐蚀；⑧杂质和有害离子的影响。

电容器击穿后，两电极之间的电阻值为零。电容器开路后，完全失去充放电功能。电容器电参数退化表现为容量减小，电解电容尤其经常发生。另外就是漏电，一些瓷介小电容发生。

请注意：电容器的容量通常是不会增大的。



2.2.2 电容器故障检测

电容器常见故障是短路击穿、开路失效、漏电、介损增大或容量减小。电容器短路击穿用万用表很容易检查出；电容器开路失效可以采用好的电容器与其并联的方法来判断；至于漏电、介损增大及电容量减小等现象，用万用表直接测量较难判别。下面介绍各类电容器的主要检查方法。

1. 普通电容器

检测 10pF 以下的小电容器。因 10pF 以下的固定电容器容量太小，用万用表进行测量只能定性的检查其是否有漏电、内部短路或击穿现象。测量时，可选用万用表 $R \times 10\text{k}$ 挡，用两表笔分别任意接电容的两个引脚，阻值应为无穷大。若测出阻值为一固定值，则说明电容器漏电损坏或内部击穿。

对于 $0.01\mu\text{F}$ 以上的固定电容器，可用万用表的 $R \times 10\text{k}$ 挡直接测试电容器有无充电过程以及有无内部短路或漏电，并可根据指针向右摆动的幅度大小估计出电容器的容量。

检测 $10\text{pF} \sim 0.01\mu\text{F}$ 的固定电容。将万用表选用 $R \times 1\text{k}$ 挡，选两只 β 值均为 100 以上的三极管组成复合管，让万用表的红表笔和黑表笔分别与复合管的发射极 e 和集电极 c 相接。由于复合三极管的放大作用，把被测电容器的充放电过程予以放大，使万用表指针摆幅加大，从而便于观察和判断。

2. 电解电容器

因为电解电容器的容量较一般固定电容器大得多，所以测量时，应针对不同容量选用合适的量程。根据经验，一般情况下， $1 \sim 47\mu\text{F}$ 间的电容，可用 $R \times 1\text{k}$ 挡测量，大于 $47\mu\text{F}$ 的电容可用 $R \times 100$ 挡测量。

将万用表红表笔接负极，黑表笔接正极，在刚接触的瞬间，万用表指针即向右偏转较大角度（对于同一电阻挡，容量越大，摆幅越大），接着逐渐向左回转，直到停在某一位置。此时的阻值便是电解电容器的正向漏电阻，此值略大于反向漏电阻。实际使用经验表明，电解电容器的漏电阻一般应在几百千欧以上，否则便不能正常工作。在测试中，若正向、反向均无充电的现象，即表针不动，则说明容量消失或内部断路；如果所测阻值很小或为零，说明电容漏电大或已击穿损坏，不能再使用。

对于正、负极标志不明的电解电容器，可利用上述测量漏电阻的方法加以判别。即先任意测一下漏电阻，记住其大小，然后交换表笔再测出一个阻值。两次测量中阻值大的那一次便是正向接法，即黑表笔接的是正极，红表笔接的是负极。

3. 电容器故障在路检测

在印制电路板中检测电容器故障，难度很大。当电容器击穿时，因其两个电极之间电阻为零，此时用万用表可测量出来。对于电容器失效、容量变小、漏电故障，是很难在印制电路板中直接测出来的，只能将电容器焊下来测量。

对于电容器的失效，可采用替换法来检查。这个替换法不是将被怀疑的电容器焊下来而换上一只新电容器，而是用手直接将一只新电容的两个电极搭在被怀疑电容器的两个焊点上，若故障能排除，说明被怀疑的电容器确已失效，再焊下来更换之。



对于电解电容器,由于其容量一般较大,当万用表电阻挡的表棒搭在印制板中的电容器的两个焊点上时,会观察到充、放电现象,以此可证明电容器是好的。

任务 2-3 电感线圈及变压器故障检测

1. 学习目标

最终目标:能在印制电路板中对电感、变压器故障进行检测。

促成目标:1) 熟悉电感、变压器的故障现象;

2) 掌握电感、变压器故障的在路检测技巧;

3) 能在印制电路板中将损坏的电感、变压器检测出来。

2. 活动设计

活动内容:

以东芝 TA 两片机芯电视机电路为例进行操作设计,电路见附图 A。

1) 用万用表测量各电感线圈(消磁线圈 L901、交流输入滤波线圈 801、行偏转线圈、场偏转线圈、5V 滤波电感 L907、12V 滤波电感 L410 等)的直流电阻,并判别是否发生开路故障。

2) 用万用表测量各种变压器(音频输出变压器、行推动变压器、行输出变压器、开关电源变压器、遥控板电源变压器)各绕组的直流电阻。

工具准备:东芝 TA 两片机、万用表、电烙铁等。

时间安排:20 分钟。

3. 相关知识

相关知识部分主要介绍电感线圈及变压器的故障现象,重点介绍电感线圈及变压器故障的在路检测技巧。

2.3.1 电感线圈及变压器故障现象

电感线圈及变压器均是用漆包线、纱包线等绝缘导线绕制而成的电磁感应元件,也是电子产品中常用的元件。常见的高频阻流圈、低频阻流圈、行偏转线圈、场偏转线圈、高频振荡线圈、中波本振线圈、短波本振线圈、天线线圈、天线阻抗变换器等都属于电感线圈。

提示: 电感线圈常见故障是开路。

在电子产品中常用的变压器有普通电源变压器、开关电源变压器、行扫描推动变压器、行扫描输出变压器、中频调谐变压器、脉冲变压器、音频输出变压器及信号耦合变压器等。虽然所用变压器数量不多,但故障概率比较高,因为它们工作在高电压、大电流的状态,其中以电源变压器和行输出变压器尤为容易损坏。

提示: 变压器常见故障是绕组匝间局部短路或开路。



2.3.2 电感线圈及变压器故障检测

1. 外貌观察

通过观察变压器的外貌来检查其是否有明显异常现象。如线圈引线是否断裂、脱焊，绝缘材料是否有烧焦痕迹，铁芯紧固螺杆是否有松动，硅钢片有无锈蚀，绕组线圈是否有外露等。

2. 线圈通断的检测

线圈通断的检测有电阻测量与电压测量两种方法。电阻测量应关机，用万用表 $R \times 1$ 挡测试各绕组的电阻值，若某个绕组的电阻值为无穷大，则说明该绕组有断路性故障。

电压测量应开机，测电感线圈两端焊点对地的直流电压值应相等，否则视为线圈开路，如图 2-5 所示是对 L907 的测量，其两端电压值均应为 5V，这表示 L907 正常。

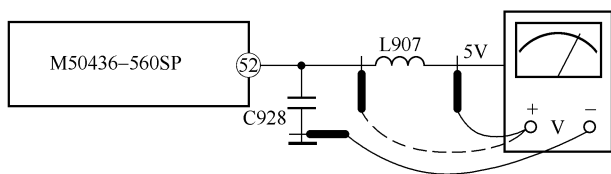


图 2-5 线圈通断的电压检测法

3. 绝缘性测试

用万用表 $R \times 10k$ 挡分别测量铁芯与初级、铁芯与各次级、初级与各次级、静电屏蔽层与初次级、次级各绕组间的电阻值，万用表指针均应指在无穷大位置不动。否则，说明变压器绝缘性能不良。

4. 判别初、次级线圈

电源变压器初级引脚和次级引脚一般都是分别从两侧引出的，并且初级绕组多标有 220V 字样，次级绕组则标出额定电压值，根据这些标记可以进行识别初、次级线圈。

5. 电源变压器的空载电流检测

1) 直接测量法。把电源变压器次级所有绕组全部断开，将万用表置于 500mA 交流电流挡，串入初级绕组。当初级绕组接入 220V 交流市电时，万用表所指示的便是空载电流值，此值不应大于变压器满载电流的 10%~20%，如果超出太多，则说明变压器有短路性故障。当短路严重时，变压器在空载加电后几十秒钟之内便会迅速发热，用手触摸铁芯会有烫手的感觉，此时不用测量空载电流便可断定变压器有短路点存在。

2) 间接测量法。在变压器的初级绕组中串联一个 $10\Omega/5W$ 的电阻，次级仍全部空载。把万用表拨至交流电压挡。加电后，用两表笔测出电阻 R 两端的电压降 U ，然后用欧姆定律算出空载电流 U/R 。如果太大，则说明变压器有短路性故障。

6. 变压器绕组局部短路故障检测

变压器绕组漆包线若绝缘性能不好，易发生局部短路故障。局部短路必使得绕组的直流电阻值减小，若事先知道变压器被测绕组的正常电阻值，则可以测量绕组的实际电阻值，并与正常电阻值进行比较来判别是否发生局部短路。



2) 人为地将 VT601、VT602、VT603、VT604 三极管中的一只设置为开路或击穿损坏，于是扬声器无声，要求用万用表找出损坏的三极管。

工具准备：东芝 TA 两片机、万用表、电烙铁、若干三极管等。

时间安排：20 分钟。

3. 相关知识

相关知识部分主要介绍半导体器件的故障现象，介绍各种二极管的故障检测技巧，并重点介绍三极管故障的非在路与在路检测技巧。

2.4.1 半导体器件故障现象

半导体器件主要是二、三极管，半导体器件故障有使用故障与质量故障两大类。使用故障有：因电流太大、功率不够、散热条件差而发热烧坏；因电压太高、耐压不够而击穿；因使用环境潮湿而导致引脚霉断等。半导体器件质量故障包括开路、短路、温度特性差、参数退化等，其机理如表 2-1 所示。

表 2-1 半导体器件故障机理

失效机理	污染	体积	基片键合	倒置	沟道	参数漂移	粒子	气密性	基片破裂	封装缺陷	引线过长	外引线缺陷	引线键合	氧化物缺陷	金属化	二次击穿
硅合金管	√		√			√	√	√	√	√		√				
硅扩散管		√	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
硅平面外延管		√	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
锗扩散管	√	√	√			√		√	√	√	√	√	√	√	√	
锗合金管	√		√			√	√	√	√	√	√	√				
锗台面管	√		√			√		√	√	√	√	√	√		√	

提示：半导体器件主要故障现象是：开路、短路、温度特性差、参数退化。开路与短路属于硬故障，硬故障比率高，也容易检测；温度特性差与参数退化属于软故障，软故障比率低，但不易检测。

2.4.2 二极管故障检测

二极管是由一个 PN 结和两条电极引线做成管芯，并用管壳封装而成的电子器件，其 P 型区的引出线为正极，N 型区的引出线为负极。按其用途可分为小功率晶体二极管、开关二极管、双向触发二极管、高频变阻二极管、变容二极管、单色发光二极管、红外发光二极管和红外接收二极管等。

通过测量正反向电阻，可以检查二极管的好坏。一般要求反向电阻比正向电阻大几百倍，换言之，正向电阻越小越好，反向电阻越大越好。万用表选择 R×1k 挡，分别测出正、反向电阻。正常情况下，硅二极管的正向电阻一般为几百欧到几千欧，而锗二极管的正向电阻为 100Ω 到 1kΩ，它们的反向电阻通常为几十千欧到几百千欧，则说明二极管正常；若正、反向电阻都为 0，则说明二极管短路损坏；若正、反向电阻都为无穷大，则说明二极管开路损坏；若正、反向电阻比较接近，则说明二极管单向导电性能失效。



判别二极管正、负电极。一是观察外壳上的黑色符号标记，通常在二极管的外壳上标有电极的符号，带有三角形箭头的一端为正极，另一端是负极；二是观察外壳上的色点，在点接触二极管的外壳上，通常标有白色或红色的极性色点，标有色点的一端即为正极；三是观察外壳上的色环，带色环的一端通常为负极；四是以阻值较小的一次测量为准，黑表笔所接的一端为正极，红表笔所接的一端为负极。

提示：二极管是非线性元件，若万用表选择的电阻挡越低，如 $R \times 100$ 挡、 $R \times 10$ 挡或 $R \times 1$ 挡，则向被测二极管提供的电流越大，测出的电阻值也就越小。

下面介绍各类特殊二极管的检测方法。

1. 二极管故障的在路检测

要求能检测印制板中的二极管质量。首先，二极管在路故障检测必须在断电状态下进行。其次，由于受被测二极管周围元器件的影响，二极管的反向电阻值可能不是很大。以如图 2-7 所示的桥式整流电路为例，若检测 VD2 正向电阻，则黑表笔搭 VD2 正极，红表笔搭 VD2 负极，如图 2-7 (a) 所示，此时 VD2 导通，VD1、VD3 及 VD4 均截止，这表明 VD2 正向电阻的测量不受 VD1、VD3 及 VD4 影响，测量是非常准确的。测反向电阻时，红表笔搭 VD2 正极，黑表笔搭 VD2 负极，如图 2-7 (b) 所示，此时不应该导通的 VD1 却导通了，使 VD2 的反向电阻不为无穷大，而是为 VD1 正向电阻与负载 R 的串联阻值。同理，对 VD1、VD3 及 VD4 的测量也是如此。所以，不要以为三极管的反向电阻在路测量不为无穷大，就认为二极管已损坏。

虽然二极管在路检测不很准确，但是，当二极管发生击穿短路或开路故障，通常可直接在印制板中检测。仍以如图 2-7 所示的桥式整流电路为例，若 VD2 发生开路故障，则其正向电阻测量为无穷大；若 VD2 发生击穿短路故障，则其正、反向电阻测量均为零。

结论：可在路检测二极管的击穿短路或开路故障。

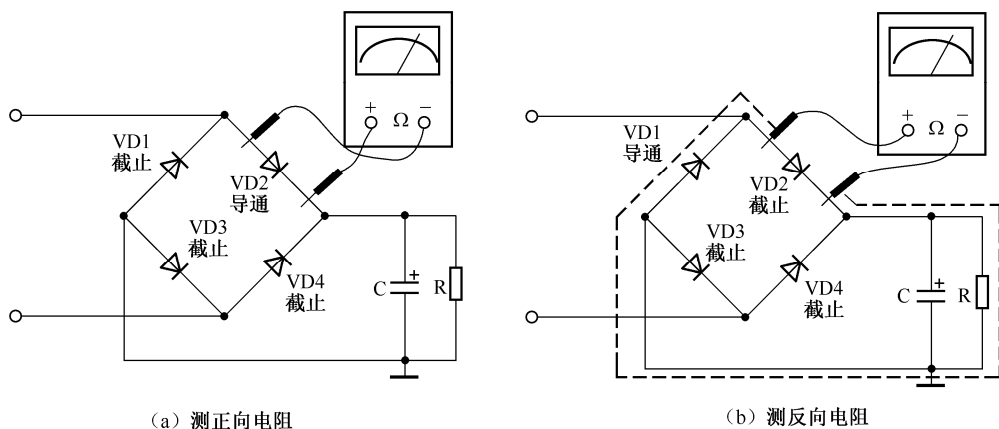


图 2-7 桥式整流二极管的在路测量



2. 开关二极管

检测开关二极管的方法与检测普通二极管的方法相同。不同的是,这种管子的正向电阻较大。用 $R \times 1k$ 电阻挡测量,一般正向电阻值为 $5 \sim 10k\Omega$,反向电阻值为无穷大。

3. 双向触发二极管

性能检测:将万用表置于 $R \times 1k$ 挡,测双向触发二极管的正、反向电阻值都应为无穷大。若交换表笔进行测量,万用表指针向右摆动,说明被测管有漏电性故障。

对称性判断:将万用表置于相应的直流电压挡,测试电压由兆欧表提供。测试时,摇动兆欧表,万用表所指示的电压值即为被测管子的 V_{BO} 值。然后调换被测管子的两个引脚,用同样的方法测出 V_{BR} 值。最后将 V_{BO} 与 V_{BR} 进行比较,两者的绝对值之差越小,说明被测双向触发二极管的对称性越好。

4. 高频变阻二极管

判别正负电极:高频变阻二极管与普通二极管在外观上的区别是其色标颜色不同,高频变阻二极管的色标颜色一般为浅色。其极性规律与普通二极管相似,即带绿色环的一端为负极,不带绿色环的一端为正极。

性能检测:通过测量正、反向电阻来判断其好坏,具体方法与测量普通二极管正反向电阻的方法相同,当使用 500 型万用表 $R \times 1k$ 挡测量时,正常的高频变阻二极管的正向电阻为 $5 \sim 55k\Omega$,反向电阻为无穷大。

5. 变容二极管

将万用表置于 $R \times 10k$ 挡,无论红、黑表笔怎样对调测量,变容二极管的两引脚间的电阻值均应为无穷大。如果在测量中,发现万用表指针向右有轻微摆动或阻值为零,说明被测变容二极管有漏电故障或已经击穿损坏。对于变容二极管容量消失或内部的开路性故障,用万用表是无法检测判别的。通常用替换法进行检查判断。

6. 单色发光二极管

在万用表外部附接一节 1.5V 的干电池,将万用表置 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡。这种接法就相当于给万用表串接上了 1.5V 电压,使检测电压增加至 3V,而发光二极管的开启电压为 2V 左右。检测时,用万用表两表笔轮换接触发光二极管的两引脚。若管子性能良好,必定有一次能正常发光,此时,黑表笔所接的为正极,红表笔所接的为负极。

7. 红外发光二极管

判别正负电极:红外发光二极管有两个引脚,通常长引脚为正极,短引脚为负极。因红外发光二极管呈透明状,所以管壳内的电极清晰可见,内部电极较宽较大的一个为负极,而较窄且小的一个为正极。

性能检测:将万用表置于 $R \times 1k$ 挡,测量红外发光二极管的正、反向电阻,通常正向电阻在 $30k\Omega$ 左右,反向电阻在 $500k\Omega$ 以上,要求反向电阻越大越好。

8. 红外接收二极管

判别正负电极:一是从外观上识别,常见的红外接收二极管外观颜色呈黑色,识别引脚



时,面对受光窗口,从左至右分别为正极和负极。另外,在红外接收二极管的管体顶端有一个小斜切平面,通常带有此斜切平面一端的引脚为负极,另一端为正极。二是将万用表置于 $R \times 1k$ 挡,用判别普通二极管正负电极的方法进行检查,即交换红、黑表笔两次测量管子两引脚间的电阻值,正常时,所得阻值应为一大一小。以阻值较小的一次为准,红表笔所接的引脚为负极,黑表笔所接的引脚为正极。

性能检测:用万用表电阻挡测量红外接收二极管正、反向电阻,根据正、反向电阻值的大小,即可初步判定红外接收二极管的好坏。

2.4.3 三极管故障检测

三极管有两个 PN 结,它在电路中具有放大、振荡、开关和调制等多种作用,是电子产品中常用的电子器件。

要判断三极管的好坏首先要认定晶体管的三个电极,可用万用表 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡进行测量。对于 NPN 型三极管,将黑表笔接基极,红表笔分别接集电极和发射极,测出两个 PN 结的正向电阻,应为几百欧至几千欧,如图 2-8 (a) 所示。然后把表笔对调一下再测反向电阻,两次阻值都应在几百千欧以上,如图 2-8 (b) 所示。最后测量集电极与发射极之间的电阻,如图 2-8 (c) 所示,两次都应在几百千欧以上。这样的三极管基本上是好的。

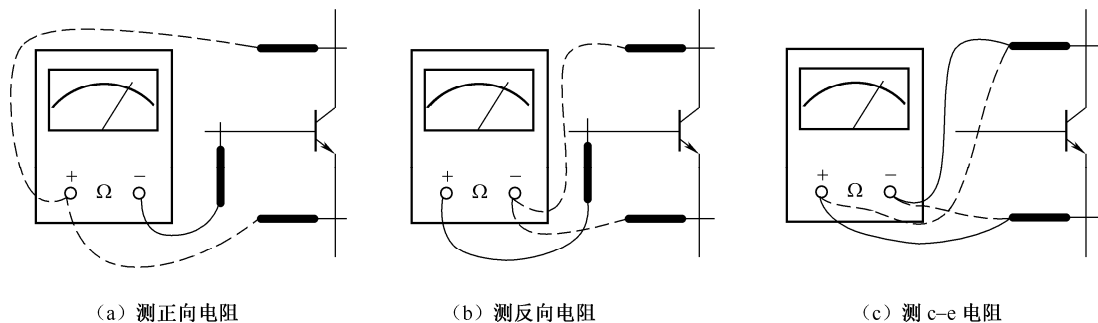


图 2-8 万用表测量三极管的好坏

在测量中,如果发现 PN 结构的正向电阻为无穷大,则是内部断路;如果 PN 结反向电阻为零,或者集电极与发射之间的电阻为 0,则说明三极管内部击穿或短路;如果 PN 结正反向电阻相差不大,或者集电极与发射之间的电阻很小,这样的三极管基本上是坏的。对于 PNP 型三极管,测试 PN 结正向电阻时须将红表笔接基极,黑表笔分别接集电极和发射极。

下面介绍各类三极管的主要检查方法。

1. 中、小功率三极管

测量极间电阻:将万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡,按照红、黑表笔的 6 种不同接法进行测试。其中,发射结和集电结的正向电阻值比较低,其他 4 种接法测得的电阻值都很高,约为几百 $k\Omega$ 至无穷大。但不管是低阻还是高阻,硅材料三极管的极间电阻要比锗材料三极管的极间电阻大得多。

估测 I_{CEO} 的大小:将万用表的电阻量程选用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡,对于 PNP 管,黑表笔接 e 极、红表笔接 c 极;对于 NPN 型三极管,黑表笔接 c 极、红表笔接 e 极,如图 2-9 (a) 所



示。要求测得的电阻越大越好。e-c 间的阻值越大,说明管子的 I_{CEO} 越小,管子的性能越稳定;反之,所测阻值越小,说明被测管的 I_{CEO} 越大,管子的性能越不稳定。一般来说,中、小功率的硅材料和锗材料低频管,其阻值应分别在几百千欧、几十千欧及十几千欧以上,如果阻值很小或测试时万用表指针来回晃动,则表明 I_{CEO} 很大,管子的性能很不稳定。

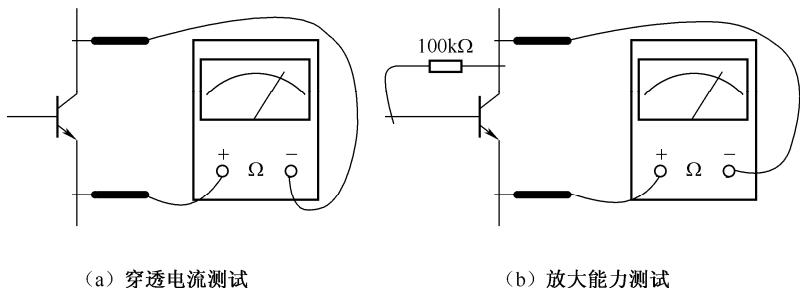


图 2-9 穿透电流与放大能力测试

估测放大倍数:在图 2-9 (a) 所示测穿透电流的基础上,再在集电极与发射极之间搭接一个 $100k\Omega$ (可采用人体电阻) 的电阻,如图 2-9 (b) 所示,这时万用表指示的阻值应明显减小,减得越小,说明放大能力越强。有些型号的万用表具有测量三极管 h_{FE} 的刻度线以及测试插座,可以很方便地测量三极管的电流放大系数。先将万用表量程开关拨到 ADJ 位置,把红、黑表笔短接,调整调零旋钮,使万用表指针指示为零,然后将量程开关拨到 h_{FE} 位置,并使两短接的表笔分开,把被测三极管插入测试插座,即可从 h_{FE} 刻度线上读出管子的电流放大系数。

判定基极:用万用表 $R\times 100$ 或 $R\times 1k$ 挡测量,当用第一根表笔接某一电极,而第二表笔先后接触另外两个电极均测得低阻值时,则第一根表笔所接的那个电极即为基极。这时,要注意万用表表笔的极性,如果黑表笔接的是基极,则被测三极管为 NPN 型管;如果红表笔接的是基极,则可判定被测三极管为 PNP 型管。

判定集电极和发射极:以 PNP 型为例,将万用表置于 $R\times 100$ 或 $R\times 1k$ 挡,红表笔接基极,用黑表笔分别接触另外两个引脚时,所测得的两个电阻值会是一个大一些,一个小一些。在阻值小的一次测量中,黑表笔所接引脚为集电极;在阻值较大的一次测量中,黑表笔所接引脚为发射极。

2. 大功率晶体三极管

利用万用表检测中小功率三极管的极性、管型及性能的各种方法,对检测大功率三极管来说基本上适用。但是,由于大功率三极管的工作电流比较大,因而其 PN 结的面积也较大,PN 结较大,其反向饱和电流也必然增大。所以,在测量极间电阻时通常使用 $R\times 10$ 或 $R\times 1$ 挡检测大功率三极管。

3. 行输出三极管

在电视机行输出电路中,有一种带阻尼二极管与电阻器的大功率三极管,如图 2-10 所示。将万用表置于 $R\times 1$ 挡,通过单独测量带阻尼行输出三极管各电极之间的电阻值,即可判断其是否正常。具体测

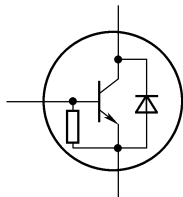


图 2-10 行输出三极管



试方法如下：

将红表笔接 e，黑表笔接 b，此时相当于测量大功率管 b-e 结的等效二极管与保护电阻 R 并联后的阻值，由于等效二极管的正向电阻较小，而保护电阻 R 的阻值一般也仅有 $20\sim 50\Omega$ ，所以，二者并联后的阻值也较小；反之，将表笔对调，即红表笔接 b，黑表笔接 e，则测得的是大功率管 b-e 结等效二极管的反向电阻值与保护电阻 R 的并联阻值，由于等效二极管反向电阻值较大，所以，此时测得的阻值即是保护电阻 R 的值，此值仍然较小。

将红表笔接 c，黑表笔接 b，此时相当于测量管内大功率管 b-c 结等效二极管的正向电阻，一般测得的阻值也较小；将红、黑表笔对调，则相当于测量管内大功率管 b-c 结等效二极管的反向电阻，测得的阻值通常为无穷大。

将红表笔接 e 极，黑表笔接 c 极，相当于测量管内阻尼二极管的反向电阻，测得的阻值一般都较大，在 $300\Omega\sim\infty$ ；将红、黑表笔对调，则相当于测量管内阻尼二极管的正向电阻，测得的阻值一般都较小，在几欧到几十欧。

4. 三极管故障在路检测

三极管的在路测量非常重要，当怀疑印制电路板中的某三极管损坏，将三极管焊下来测量，如果这个三极管没有坏，则又要焊上去，这就非常麻烦。如果先在印制电路板中测量一下，当确定三极管确实已损坏，再焊下来换上新管。

以如图 2-11 所示放大电路为例，三极管在路测量也是测量两个 PN 结的正、反向电阻，由于受电路中其他元器件的影响，三极管在路测出来的 PN 结正、反向电阻的阻值均比非在路测量值小。例如测图 2-11 所示电路中三极管 b-e 结电阻，由于 b-e 并联了 $(R_{b2}+R_e)$ 电阻，所以反向电阻不可能大于 $14.3k\Omega$ ，正向电阻也比 $14.3k\Omega$ 少得多。又如测图 2-11 所示电路中三极管 b-c 结电阻，由于 b-c 并联了 $(R_{b1}+R_c)$ 电阻，所以反向电阻不可能大于 $23.3k\Omega$ ，正向电阻也比 $23.3k\Omega$ 少得多。

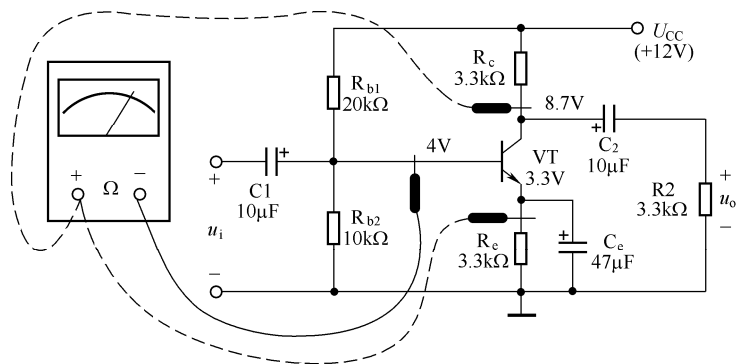


图 2-11 三极管在路测量

提示：在路测量三极管的两个 PN 结正反向电阻，只要反向电阻明显大于正向电阻，就可以基本判定两个 PN 结是好的。大多数三极管的两个 PN 结正常，则三极管一般就没有损坏。

请注意：测电阻时一定要关闭电源。

也可以在路测试三极管各引脚对地电压来判别三极管是否损坏。如对于图 2-11 所示放大



电路，若测出来的引脚对地电压值与图纸所标的电压值接近，就可以认为三极管没有损坏。

对于三极管软故障，如温度特性差等，则不能利用万用表来检测。可利用酒精棉花对印制电路板中的三极管进行冷却，若故障消失，则该三极管温度特性差，可更换之。当然，将三极管焊下来，放在晶体管特性图示仪测试，则三极管的软故障将一目了然。

任务 2-5 集成电路故障检测

1. 学习目标

最终目标：能检测集成电路故障。

促成目标：1) 掌握集成电路故障的电压测量方法；

2) 掌握集成电路故障的电阻测量方法与技巧；

3) 能检测集成电路故障。

2. 活动设计

活动内容：

以东芝 TA 两片机芯电视机 TA7680AP 集成电路为例进行操作设计，电路如图 2-12 所示。

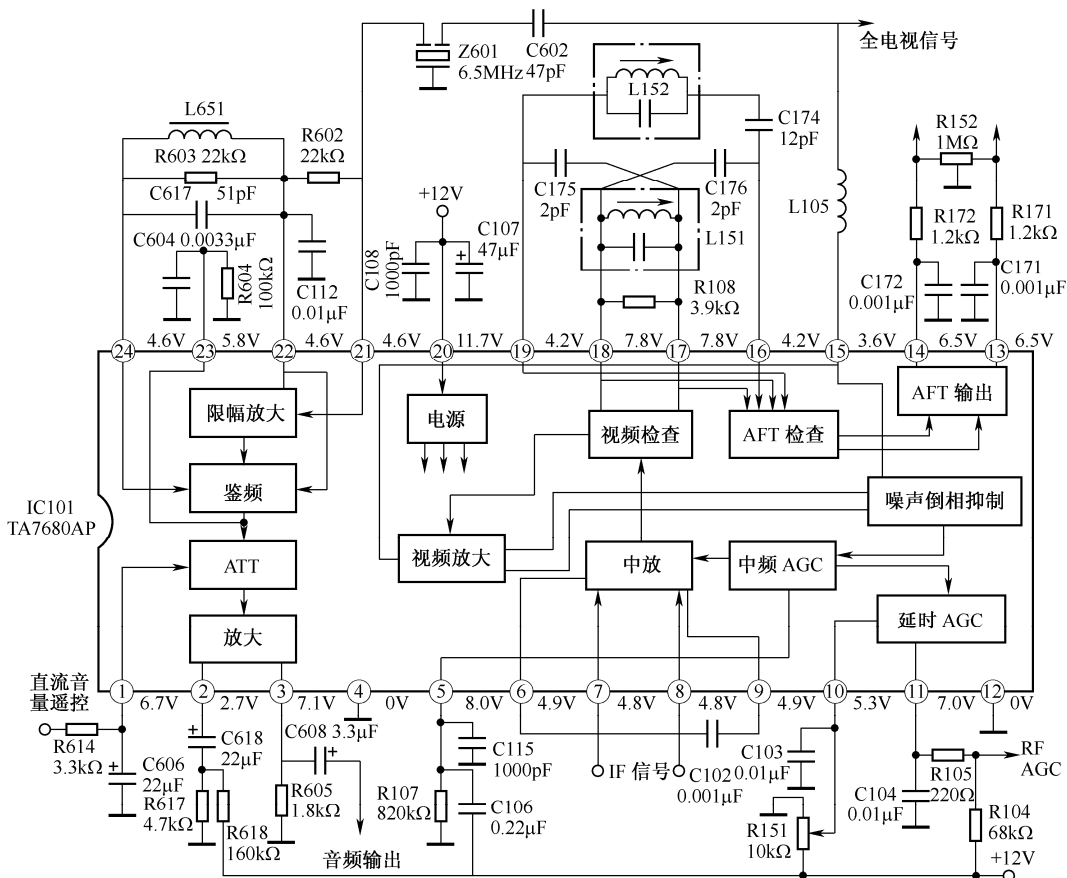


图 2-12 TA7680AP 集成电路



1) 在无故障状态下测 TA7680AP 集成电路各引脚对地电压及对地电阻，测电阻时应用万用表的红、黑表棒各测 1 次。

2) 设置一个故障，再通过测量 TA7680AP 各引脚对地电压或对地电阻，并与无故障状态下的测量值进行比较，从而找出故障元件。

工具准备：东芝 TA 两片机、万用表、电烙铁等。

时间安排：20 分钟。

3. 相关知识

相关知识部分在介绍集成电路故障机理的基础上，重点介绍集成电路故障的引脚电压、引脚电阻，引脚波形检测方法。

2.5.1 集成电路故障机理

集成电路是采用半导体制作工艺，在一块较小的单晶硅片上制作出许多二极管、三极管及电阻、电容、电感等元器件，并按照多层布线或隧道布线的方法将各元器件组合成完整的电子电路，再封装外壳，从而制成便于安装，能够插接、焊接的电子器件，被广泛应用于各类电子产品中。

集成电路的故障分为两种情况，一种是集成电路本身不良；另一种是集成电路外围元器件的故障。要确认是集成电路本身还是外围元器件故障，需从各个方面来反映集成电路的正常工作状态，从而可以比较正确有效地判断故障的所在。

集成电路本身故障机理如表 2-2 所示。

表 2-2 集成电路本身故障机理

失效机理 \ 筛选项目	高温 储存	热冲 力	反偏 压	检漏	工作寿 命试验	离心 加速 度	冲击	振动	温度 循环	电测 试	目测	X 射 线试 验	高压 试验	低压 试验
划分错位					√					√				
表面或电阻率不均匀					√					√				
污染	√		√		√				√	√	√			
龟裂、刻痕、碎裂、针孔									√	√	√			
纯化缺陷	√				√				√		√			
光刻清洗、切割不良	√									√	√			
扩散掺杂控制不当	√				√				√	√				
金属化	√				√				√	√	√			
芯片分选龟裂、碎裂		√				√	√	√	√		√			
芯片键合					√	√	√	√			√	√		
引线键合	√				√	√	√	√	√	√	√	√		
密封不良或残存金属物				√										√
可伐玻璃土封装龟裂、空洞	√			√					√	√			√	
封装气体不良	√		√		√				√					
标记不对										√				



2.5.2 集成电路故障检测

1. 检测集成电路各引脚直流电压

事先了解正常时集成电路的各引脚直流工作电压，然后用万用表测量集成电路各引脚与地之间的直流电压，并与正常值进行比较，从而可以发现其不正常的部位。

实际检查时，因为各引脚直流工作电压的变化比较小，有时会错过不正常部位的判断，或有几个脚的电压都改变了，增加判断难度。为此最好能事先了解该集成电路的内部电路图，至少要了解内部方框图。要掌握各引脚的电压是由内部输出的还是外部供给的，这样给判断带来很大的方便，就容易判断故障的原因是集成电路内部还是外围元器件引起的。在实际检测时要注意以下几个方面：

1) 万用表要有足够大的内阻，至少要大于被测电路电阻的10倍以上，以免造成较大的测量误差。

2) 通常把电子产品中相应的各电位器旋到中间位置，并在接收标准信号时进行测量。

3) 当测得某一引脚电压与正常值不符时，应根据该引脚电压对集成电路正常工作有无重要影响以及其他引脚电压的相应变化进行分析，才能判断集成电路的好坏。

4) 集成电路引脚电压会受外围元器件影响。当外围元器件发生漏电、短路、开路或变值时，都会使引脚电压发生变化。

5) 若集成电路各引脚电压正常，则一般认为集成电路正常；若集成电路部分引脚电压异常，则应从偏离正常值最大处入手，检查外围元件有无故障，若无故障，则集成电路很可能损坏。

6) 在有信号或无信号两种状态下，集成电路有些引脚电压是不同的，如图2-12中的TA7680AP⑤脚电压。如发现引脚电压不该变化的反而变化，应该变化的反而不变化，就可确定集成电路损坏。

7) 检测时防止表笔与测量点之间的滑动，集成电路的引脚焊点靠得很近，任何瞬间短路都容易损坏集成电路。

2. 检测集成电路各引脚与地之间的电阻值

集成电路引脚内部元件损坏，或集成电路引脚外部元件损坏，都会使集成电路引脚对地电阻值发生变化。因此，通过测量故障机的集成电路引脚对地电阻值，并与正常机的集成电路引脚对地电阻进行比较，若发现某引脚的电阻值的比较有明显差异，则故障部位就发生在该引脚，可能是该引脚外接元件损坏，也可能是集成电路该引脚内部损坏。

测量前要先断开电源，以免测试时损坏万用表和元件；万用表电阻挡的内部电压不得大于6V，量程最好用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡。

由于电路的非线性，不同型号万用表测出来的集成电路引脚对地电阻可能不一样；若万用表型号相同，但电阻挡量程不同，则测出来的电阻值也不一样；若万用表型号及电阻挡量程一样，红、黑表棒测出来的引脚电阻又是不一样的。因此，测量引脚电阻时，在故障机与正常机上测量的万用表型号应一样，采用的电阻挡量程也应一样，要用万用表的红、黑表棒各测一次，即先将红表棒接地，用黑表棒去测量引脚电阻值，再将黑表棒接地，用红表棒去测量引脚电阻值。只有这样，故障机与正常机的引脚电阻值比较才有意义。



有些集成电路引脚外部可能通过一个电解电容器接地,测电阻时万用表指针会动,这是电容器充放电引起的,是正常的,可等待万用表指针稳定后再读出电阻值。

3. 检查集成电路的输入与输出波形

用示波器测量集成电路的输入和输出信号的波形,并将此信号波形与正常波形相比较,以判断不正常的部位。如图 2-12 中的 TA7680AP⑦⑧脚输入中频信号,⑮脚输出视频信号,③脚输出音频信号。

4. 检查集成电路的外围元器件

在采用上述三种方法均无法找到不正常部位时,就应逐一检查其外围元件或更换集成电路。检查外围元器件时,应将元器件的一端脱开电路来测试,这样就不会受其他元器件的影响。

由于现在所用集成电路引脚越来越多,印制板铜箔条又很细,因此拆换集成电路容易损坏铜箔条。为此,通常先检查各引脚铜箔条是否有断裂,外围元器件是否有损坏现象后再换集成电路。这样比较有效。

上面介绍了检查集成电路的方法,实际上单凭一种方法有时是较难判断的,因此最好综合运用以上各种方法进行检查分析,以达到事半功倍的效果。

任务 2-6 电声器件故障检测

1. 学习目标

最终目标:能对电声器件进行故障检测。

促成目标:1)了解扬声器种类及电动式扬声器结构与原理;

2)了解耳机耳塞、驻极体传声器结构与原理;

3)熟悉扬声器、耳机耳塞、驻极体传声器常见故障现象;

4)能检测扬声器、耳机耳塞、驻极体传声器故障。

2. 活动设计

活动内容:

扬声器、耳机耳塞及驻极体传声器质量检测练习。

工具准备:万用表、扬声器若干只、耳机耳塞若干只、驻极体传声器若干只。

时间安排:20 分钟。

3. 相关知识

相关知识部分将介绍扬声器、耳机和耳塞、驻极体传声器的结构、基本原理及故障检测技巧。

2.6.1 扬声器故障检测

很多电子产品都有扬声器这个电子器件,扬声器俗称喇叭,是一种将电信号转换成声音的电子元器件。扬声器种类很多,按电-声换能的方式可分为电动式、电磁式、静电式及压电陶瓷式。电磁式扬声器是当音频电流流过已磁化了的振动部分,与磁体的磁性相互吸引和排斥而产生作用力,推动扬声器的振膜移动而产生声音。静电式是将两个极性相反的电极安



装在一起,形成一个电容,当音频电流加在此电容的两端时,两个电极之间的电场产生作用力,使扬声器的振动膜振动。压电陶瓷式是利用某些材料的压电效应制成,当晶体表面加上音频电压时,晶体能够产生和音频电压相对应的振动,从而使扬声器发声。

按扬声器工作的频带可分为高频扬声器、中频扬声器、低频扬声器及全频扬声器。

按扬声器振膜的形状可分为锥形、球顶形及平板形。

按扬声器振动膜(盆)的制作材料的不同可分为纸盆、碳纤维盆、PP盆、玻璃纤维盆、防弹布盆、钛膜及丝绸扬声器。

按扬声器膜边缘使用的不同材料可分为纸边、布边、橡皮边及泡沫边。

1. 电动式扬声器结构与原理

电动式扬声器应用最为广泛,其结构如图 2-13 所示。它由磁路系统、振动系统及盆架等组成。纸质振膜通常呈圆锥形,称为纸盆。纸盆的厚度为 $0.1\sim 0.5\text{mm}$ 。纸盆的中心部分与可运动的线圈连接,此可运动线圈叫做音圈。音圈的圈数通常有数十圈,处在磁路的磁缝隙间,支持纸盆的是纸盆外缘的折环,支持音圈的是中心部分的定心支片,纸盆和音圈只能沿轴向运动。音圈、定心支片、纸盆等构成了扬声器的振动系统。扬声器的另一部分是磁路系统,它包括磁体和导磁系统(导磁夹板、导磁柱)。盆架、压边等对各部件起着连接、支持、固定作用。若通过音圈的电流为音频电流,则音圈就受到一个大小与音圈电流成正比、方向随音频电流变化而变化的力,从而产生振动,音圈又带动纸盆振动发出声音来。

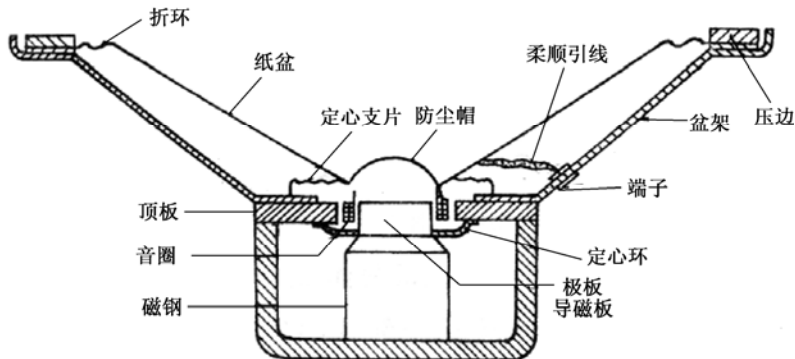


图 2-13 电动式扬声器的结构

电动式扬声器按磁体结构不同分为:内磁式扬声器和外磁式扬声器。内磁式扬声器的磁路系统多采用合金磁体,特点是漏磁小,价格稍贵。外磁式扬声器多采用铁氧磁体,特点是漏磁大,体积大,但价格便宜。

2. 扬声器故障检测

扬声器常见故障现象是:音圈振断或霉断、音圈卡住、纸盆破。

扬声器的好坏可用万用表电阻挡来测量判断。将万用表置于 $R\times 1$ 挡,把任一表笔与扬声器的任一引出端相接,用另一表笔断续触碰扬声器另一引出端,此时,扬声器将发出“喀喀”声,万用表指针亦相应摆动,如图 2-14 所示。如触碰时扬声器不发声,指针也不摆动,说明扬声器内部音圈断路或引线断裂。音圈一般断在引出线上,因为音圈引出线与纸盆固定在一起,纸盆的强烈振动,易将音圈引出线振断,通常可将音圈引出线重新接起来。

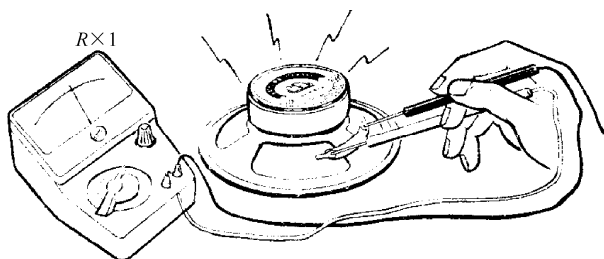


图 2-14 用万用表判别扬声器好坏

扬声器的纸盆与音圈相连，当用手轻轻按压扬声器纸盆，如图 2-15 所示，手感柔和有弹性，表明音圈没有卡住，这样的扬声器才能发出柔和动听、宏亮悦耳的声音来。

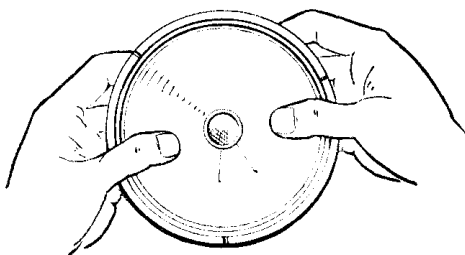


图 2-15 扬声器纸盆弹性试验

2.6.2 耳机和耳塞故障检测

耳机和耳塞也是一种电/声转换器件，它们的结构与电动式扬声器相似，也是由磁铁、音圈和振动膜片等组成。但耳机和耳塞的音圈大多是固定的。

耳机多为双声道式，相应地引出插头上有三个引出点，一般插头后端的接触点为公共点，前端口和中间触点分别为左右声道引出端。检测时，将万用表任一表笔接在耳机插头的公共点上，然后用另一表笔分别触碰耳机插头的另外两个引出点，相应的左声道或右声道的耳机应发出“咯咯”声，指针应偏转，指示值分别为 20Ω 或 30Ω 左右，而且左右声道的耳机阻值应对称。如果测量时耳机不发声，指针也不偏转，说明相应的耳机有引线断裂或内部焊点脱开的故障。若指针摆至“0”位附近，说明相应耳机内部引线或耳机插头处有短路的地方。若指针指示阻值正常，但发声很轻，一般是磁铁与耳机振膜片之间的间隙不对造成的。

耳塞一般为单声道式，相应地引出插头上只有两个引出点。检测时，将任一表笔固定接触在耳塞插头的一端，用另一表笔去触碰耳塞插头的另一端，如图 2-16 所示，此时耳塞应发出“咯咯”声，指针应偏转，指示值应为：低阻 $8\sim 10\Omega$ ，高阻 800Ω 左右；如果耳塞无声，同时指针也不偏转，说明耳塞引线断裂或耳塞内部焊线脱开；若触碰时耳塞内无声，但指针却指示在“0”附近，表明耳塞内部引线或耳塞插头处存在短路故障。

2.6.3 驻极体传声器故障检测

驻极体传声器是一种声/电转换器件，如图 2-17 所示，其作用是将声音信号转换成电信号，通常又称为话筒（MIC）。它的突出特点是体积小、质量轻、结构简单、使用方便、寿命长、频率响应范围宽、灵敏度高，且价格比较低廉。因而被广泛应用于盒式录音机、无线话筒、声控开关、手机、电话机、MP3/MP4、数码相机、摄像机、语音识别系统、计算机等电



子产品中。驻极体传声器的检测通常有电阻测量法和灵敏度测量法两种。

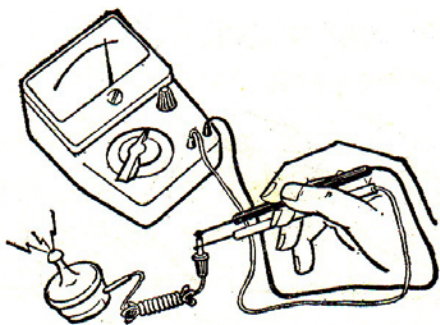


图 2-16 用万用表判别耳塞好坏



图 2-17 驻极体传声器外形

1. 驻极体传声器结构与原理

驻极体传声器由声电转换和阻抗转换两部分组成，如图 2-18（a）所示。声电转换部分的关键元件是驻极体振动膜，它是一个极薄的塑料膜片，在它上面蒸发一层纯金薄膜，然后经高压电场驻极后，两面分别驻有异性电荷。膜片的蒸金面向外与金属外壳相连通，膜片的另一面用薄的绝缘垫圈隔开，这样蒸金膜面与金属极板之间就形成了一个电容器。阻抗转换部分由场效应管担任，它的主要作用就是把几十兆欧的阻抗转变为与放大器匹配的阻抗。场效应管的 G 极接金属极板，通过 D 极或 S 极输出音频信号，电路形式如图 2-18（b）所示。

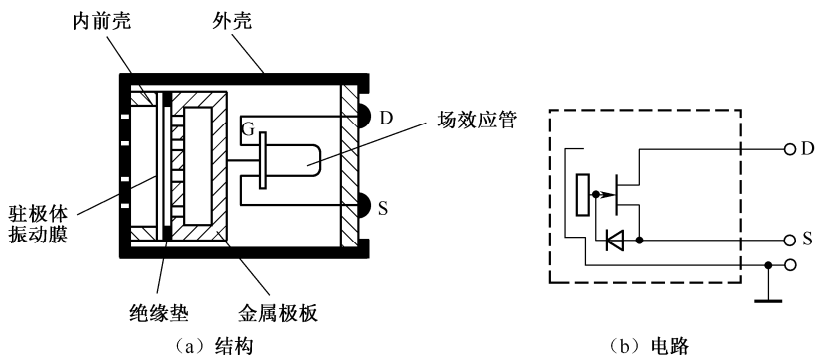


图 2-18 驻极体传声器结构与电路

2. 电阻测量法

通过测量驻极体传声器引线间的电阻，可以判断其内部是否开路或短路。测量时，将万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡，红表笔接驻极体话筒的芯线或信号输出端，黑表笔接引线的金属外皮或话筒的金属外壳。一般所测阻值应在 $500\Omega \sim 3k\Omega$ 范围内，若测得阻值接近零时，表明驻极体话筒有短路性故障；若所测阻值为无穷大，则说明驻极体话筒开路；如果阻值比正常值小得多或大得多，都说明被测话筒性能变差或已经损坏。

3. 灵敏度测量法

将万用表置于 $R \times 100$ 挡，红表笔接驻极体话筒的芯线或信号输出端，黑表笔接引线的金属外皮或话筒的金属外壳。此时，万用表指针应有一阻值（如 $1k\Omega$ ），然后正对着驻极体



话筒吹一口气，仔细观察指针，应有较大幅度的摆动。万用表指针摆动的幅度越大，说明驻极体话筒的灵敏度越高，若指针摆动幅度很小，则说明驻极体话筒灵敏度很低，使用效果不佳。假如发现指针不动，可交换表笔位置再次吹气试验，若指针仍然不摆动，则说明驻极体话筒已经损坏。另外，如果在未吹气时，指针指示的阻值便出现漂移不定的现象，则说明驻极体话筒热稳定性很差，这样的驻极体话筒不宜继续使用。

任务 2-7 彩色显像管调整与故障检测

显像管又称阴极射线管（Cathode Ray Tube, CRT），是在电视机、计算机显示器、示波器中应用的一种比较贵的电子元器件，用于显示图像。显像管有单色显像管与彩色显像管两大类，本任务将介绍彩色显像管的调整与故障检测。

1. 学习目标

最终目标：能对彩色显像管进行调整及故障检测。

促成目标：1) 熟悉彩色显像管结构；

2) 了解显像管的发光条件及图像显示原理；

3) 能对显像管进行色纯度、会聚及白平衡调整；

4) 能对显像管进行电压测试；

5) 能检测显像管故障。

2. 活动设计

活动内容：

(1) 电压测试

测试彩色显像管灯丝、阴极、加速极电压，验证阴极电压与显像管亮度的关系。

(2) 色纯度调整

1) 将电视机屏幕朝南北方向放置，找出彩色显像管色纯度调整磁环。

2) 关机后松开偏转线圈紧固螺钉，将显像管座板 G-Y 输入插头拔去，再开机将偏转线圈向后慢慢拉出，这时可看到屏幕中部出现紫色的宽带，屏幕两侧为椭圆形的淡黄、淡蓝部分，如图 2-19 (a) 所示。

3) 转动色纯度调整磁环，使两侧淡黄、淡蓝部分面积相等对称，如图 2-19 (b) 所示。

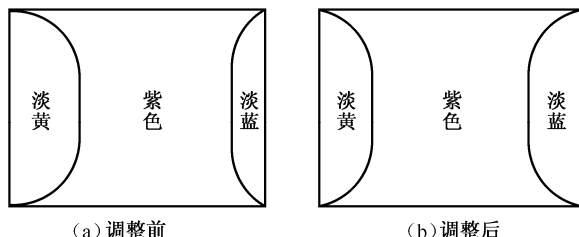


图 2-19 色纯度调整图案

4) 再将偏转线圈向前推向锥体部位，直到屏幕两侧淡黄、淡蓝彩色消失为止。



5) 将偏转线圈螺钉旋紧, 使偏转线圈固定住。

(3) 静会聚调整

找出彩色显像管两片四极及两片六极会聚调整磁环。在彩色电视机接收方格测试信号时, 调乱四极会聚调整磁环和六极会聚调整磁环, 再按下列步骤调好静会聚。

1) 若中心区域红、蓝垂直线没有重合, 可改变两个四极磁环的夹角, 使红、蓝垂直线在屏幕中心区域会聚, 呈紫色垂直线, 如图 2-20 (a) 所示。

2) 若中心区域红、蓝水平线没有重合, 可同时朝某方向旋转两个四极磁环, 使红、蓝水平线在屏幕中心区域会聚, 呈紫色水平线, 如图 2-20 (b) 所示。

3) 若中心区域紫、绿垂直线没有重合, 可改变两个六极磁环的夹角, 使紫、绿垂直线在屏幕中心区域会聚, 呈白色垂直线, 如图 2-20 (c) 所示。

4) 若中心区域绿、紫水平线没有重合, 可同时朝某方向旋转两个六极磁环, 使紫、绿水平线在屏幕中心区域会聚, 呈白色水平线, 如图 2-20 (d) 所示。

由于以上步骤相互影响, 因此要反复调整。

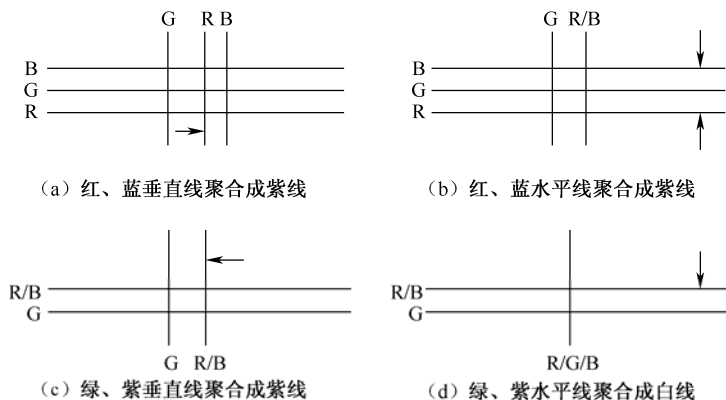


图 2-20 静会聚的调整图案

(4) 黑平衡 (暗平衡) 调整

1) 打开彩色电视机后盖, 使场扫描停振, 屏幕上出现一条水平亮线, 将显像管座板上维修开关断开, 即使亮度信号无输入。

2) 将红、蓝白平衡电位器旋转到机械中心位置, 将红、绿、蓝黑平衡电位器逆时针方向转到底, 将加速极电位器逆时针旋转到到底, 此时屏幕上水平扫描线消失。

3) 顺时针方向慢慢旋转加速极电位器, 直到荧光屏上隐隐约约出现一种基色水平扫描线 (如红色水平线) 为止, 如果加速极电位器顺时针旋到底, 仍然不出现一种基色扫描线, 则将三个黑平衡电位器顺时针旋转, 当三条基色线均能出现时, 再逆时针旋转加速极电位器, 直到稳稳约约出现一条基色线。

4) 如步骤 3) 中首先出现的是红色水平线, 则红色黑平衡电位器就固定不动, 顺时针慢慢旋转蓝色黑平衡电位器, 使水平线呈紫色, 再同样顺时针旋转绿色黑平衡电位器, 使水平线呈白色为止。

总之, 黑平衡调整好的标志是, 当旋转加速极电位器, 从低到高增加加速极电压时, 红、



绿、蓝三根水平线能同时出现,从高到低减少加速极电压时,红、绿、蓝水平线能同时消失。

5) 关机使场扫描恢复正常,将显像管座板上维修开关闭合,使亮度信号有输入。

6) 再仔细微调两个暗平衡电位器,使低亮度时的光栅不带任何色调,便达到了黑平衡。

(5) 白平衡(亮平衡)调整

1) 将对比度电位器沿顺时针方向慢慢旋转,并调节两个白平衡电位器,使高亮度时光栅不带任何色调,便达到了白平衡。

2) 将对比度电位器慢慢向逆时针方向旋转,检查低亮度时是否保持黑平衡,如果原来已调好的黑平衡发生了变化,再按黑平衡调节的第6步微调之。

3) 一般黑平衡调节的第6步和白平衡调节第1步需反复进行若干次,直到在整个亮度变化范围内都能重现灰白图像,不带任何色调。

(6) 加速极电压、聚焦极电压调整

1) 调节加速极电位器,观察图像变化结果。加速极电压调小,图像变暗,甚至无光,加速极电压调大,图像变淡,出现回扫线。

2) 调整聚焦极电位器,观察图像变化结果。聚焦电压过大过小或聚焦都不好,图像都将变得模糊。

工具准备:彩色电视机、万用表、螺丝刀、电烙铁等。

时间安排:60分钟。

3. 相关知识

相关知识部分首先介绍彩色显像管结构与原理,然后重点介绍显像管的色纯度、会静、白平衡调整方法与技巧,最后介绍显像管的常见故障检测方法。

2.7.1 彩色显像管结构与原理

彩色显像管的结构如图2-21所示。其基本结构与黑白显像管相同,都是由玻壳、电子枪、荧光屏组成,所不同的是荧光屏内侧涂敷R、G、B三种荧光粉,电子枪中有R、G、B三个阴极,分别发射受R、G、B三基色信号调制的三支电子束。另外,彩色显像管还要解决色纯度、会聚、白平衡调整问题。

1. 玻锥与玻屏

玻锥与玻屏设计主要解决两个问题:一是防爆,二是防X射线辐射。

显像管内部抽成真空,属于易爆产品。为解决防爆问题,一是必须保证玻壳有足够的强度;二是对应力集中分布、变化急剧的玻屏侧壁部分加防爆带,即使玻壳发生破裂或爆炸,玻璃也不会发生四处飞溅。

由于彩色显像管阳极高压高达25~30kV,电子束在阳极高压吸引下,在真空玻壳内高速轰击残留气体或其他物质,并使其发生电离,形成X射线辐射,从而对人体造成危害。为减小X射线辐射,一是采用对X射线有良好吸收性能的玻璃来制作显像管玻壳,二是设置X射线保护电路和自动亮度限制(ABL)电路,以防止阳极高压过高及电子束电流过大。

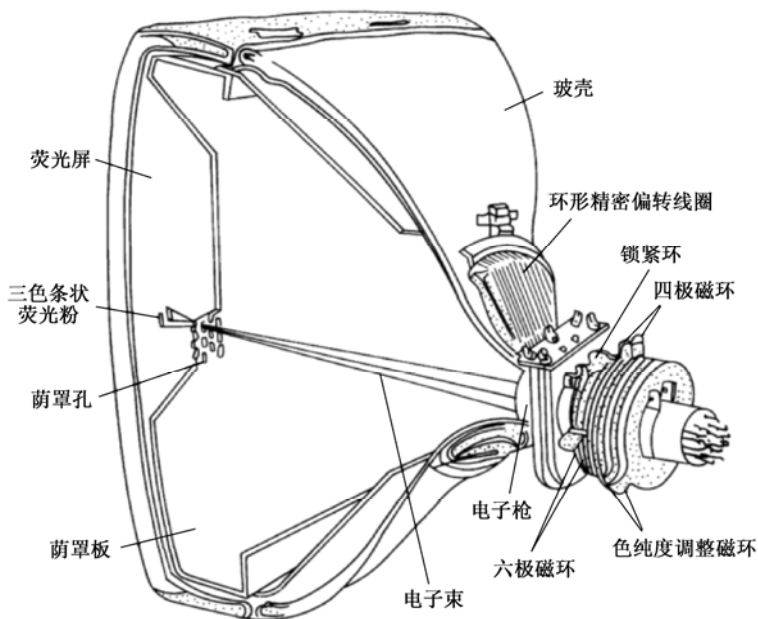


图 2-21 彩色显像管的结构

2. 一字形一体化电子枪

电子枪是彩色显像管的重要部件，它完成电子束的发射、加速、聚焦、调制等功能。电子枪为一字形一体化电子枪，一字形是指 R、G、B 阴极排列成水平一字形；一体化是指除电子枪的 R、G、B 阴极各自独立外，其他电极都是红、绿、蓝公用。电子枪的公共栅极、加速极、聚焦极及高压阳极构成大口径电子透镜，保证电子束有良好的聚焦。电子枪构造如图 2-22 所示。

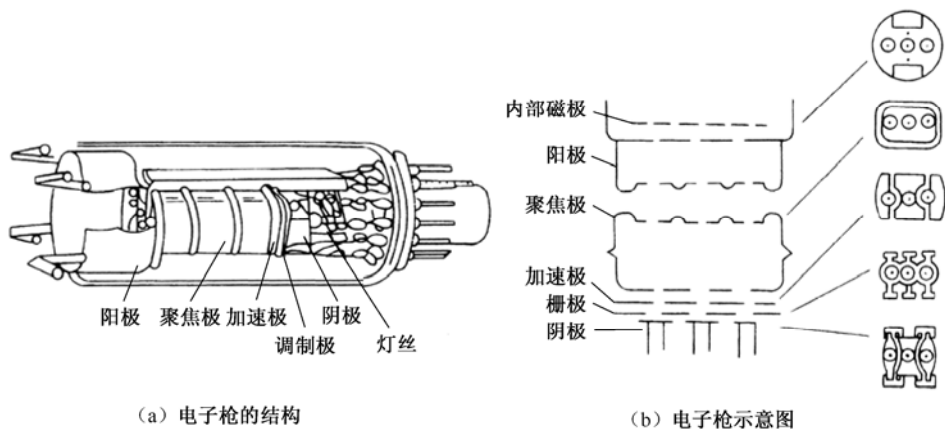


图 2-22 一字形一体化电子枪结构

电子枪中有 R、G、B 三组灯丝并联，引出两个灯丝电极，灯丝电极通常加 6.3V 有效值电压，灯丝的作用是烘烤阴极，使阴极发热。栅极的作用是控制电子束大小，但栅极通常都接地。R、G、B 阴极的作用是发射电子束，通常有 120V 左右直流电压，直流电压高低决定



平均亮度，R、G、B 阴极分别加 R、G、B 基色信号，以对 R、G、B 电子束电流大小进行调制，从而产生图像。加速极通常加 400~800V 可调电压，其作用是对电子束进行加速，加速极电压太高，屏幕将过亮；加速极电压太低，屏幕可能无光。聚焦极通常加 4000~8000V 可调电压，其作用是对电子束进行聚焦，聚焦极电压太高或太低都会导致聚焦不良，图像模糊。阳极高压通常为 25~30kV，其作用是吸引电子束轰击荧光屏。屏幕尺寸大些，这些电极的电压也相应高些。

3. 槽孔式荫罩板

在荧光屏后面约 1cm 处，设有一块荫罩板，如图 2-23 所示，它的作用是确保 R、G、B 电子束只能击中相应的 R、G、B 荧光粉点，故荫罩板又称为选色板。

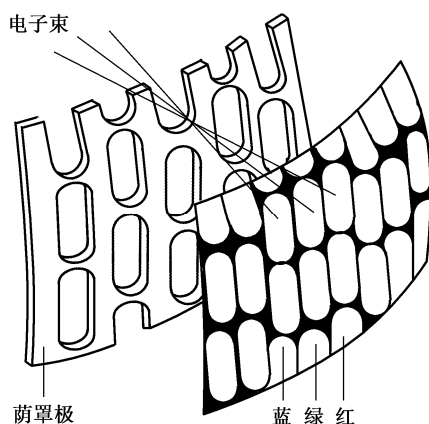


图 2-23 荫罩板与荧光粉点

荫罩板是由 0.15mm 厚的薄钢板制成，上面有规律地排列着 40 余万个荫罩孔，每个荫罩孔对应着一组 R、G、B 三基色荧光粉点。荫罩孔按“品”字形规律交错排列，使荫罩板的机械强度及抗热变形性能增强。

由于通过荫罩孔的电子束电流仅占到达荫罩的电子束电流的 15%~20%，大量电子束能量消耗在荫罩上变为热能，易使荫罩热变形。所以荫罩采用温度系数较小的殷钢材料制作，以减小热变形。

荫罩孔的节距（间距）取决于屏幕尺寸、扫描行数及孔排列方式。在最新设计、生产的大屏幕高清晰度彩色显像管中，荫罩加工和荧光粉涂敷采用了超精细加工技术。

4. 荧光屏与荧光粉

彩色图像显示以三基色原理为基础。其主要内容是：自然界几乎所有的彩色，都可以用三种基色光按一定的比例混合产生；反之，自然界中的所有彩色，都可以分解为三种基色光。在彩色电视系统中，选用红、绿、蓝作为三基色。

彩色显像管的荧光屏为球面形状，现已发展到纯平形状。荧光屏上涂有 R、G、B 三色荧光粉点，在相应的电子束轰击下产生红、绿、蓝三基色光，利用空间混色效应，混配出色彩鲜艳的图像。空间混色效应是指，当三基色光点很小而且间距很近，由于人眼视觉分辨力有限，在一定距离上观看，分辨不出这些光点时，就会产生三基色混合的色调感觉。现代彩



色显像管就是根据空间混色法效应重现彩色图像,在显像管荧光屏上涂布着 40 余万组红、绿、蓝荧光粉点,这些荧光粉由红、绿、蓝电子束对应轰击发光,由此产生丰富多彩的彩色图像。

荧光屏的宽、高比例通常为 4:3。习惯上用管屏的对角线尺寸来度量显像管的尺寸,过去常以英寸为单位,现规定单位为厘米 (cm),单位换算关系为 1 英寸 \approx 2.54cm。

5. 环形精密偏转线圈

偏转线圈套装在显像管管颈基部,偏转线圈包括行偏转线圈和场偏转线圈,行偏转线圈使电子束作水平扫描,场偏转线圈使电子束作垂直扫描。若没有扫描,则荧光屏只有中心一个亮点,通过电子束扫描,整屏才能发光。

行偏转线圈结构及其磁场如图 2-24 所示,它有两个绕组,放置在管锥基部上方与下方,彼此并联或串联。行偏转线圈的电流为行频 (15625Hz) 锯齿波电流,产生的管内磁场为垂直方向。行偏转线圈形状呈喇叭状,以便紧贴管锥基部,可提高偏转效率,防止暗角。行偏转线圈外侧套有铁氧体磁环,起磁屏蔽作用,可减小自身磁场对外辐射及防止外磁场对它干扰。

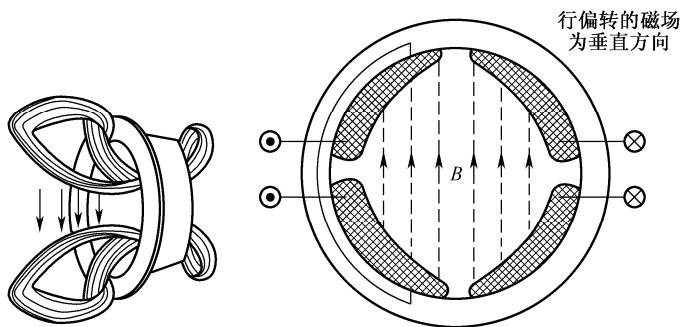


图 2-24 偏转线圈总体结构

场偏转线圈结构及其磁场如图 2-25 所示。它也分为上下两个绕组,彼此并联或串联。场偏转线圈绕在铁氧体磁环上,这样可提高磁感应强度,减小线圈匝数。场偏转线圈中的电流为场频 (50Hz) 锯齿波电流,产生的管内磁场为水平方向。

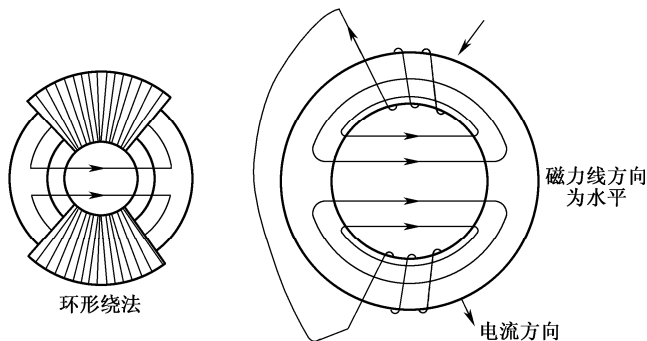


图 2-25 场偏转线圈结构及其磁场

彩色显像管的偏转线圈是特制的环形精密偏转线圈,其中行偏转线圈产生枕形分布磁场,场偏转线圈产生桶形分布磁场,这种特殊磁场在实现电子束扫描的同时,还能实现 R、



G、B 电子束在整个屏幕上的良好会聚，所以又称为自会聚偏转线圈。

6. 显像管技术参数

显像管技术参数包括机械参数、电性能参数和光性能参数。其中，机械参数包括荧光屏尺寸、偏转角和管颈直径等；电性能参数包括灯丝电压、灯丝电流、加速极电压、聚焦极电压、阳极电压、截止电压和调制量等；光性能参数包括聚焦光点直径、分辨率和最大亮度等。表 2-3 给出几种常见彩色显像管的主要技术参数。

表 2-3 彩色显像管主要技术参数

型 号	荧光屏 尺寸/cm	偏转 角/°	管颈直 径/mm	灯丝电 压/V	灯丝电 流/mA	加速极电 压/V	聚焦极 电压/V	阳极电 压/V
A51JFC01X	54	90	29.1	6.3	680	460~820	7880~8870	25000
A51JUL90X01	54	90	22.5	6.3	300	410~880	6330~7230	25000
A59JMZ190X04 (X)	64	110	29.1	6.3	300	最大 1000	7600~8400	25000
A59KFS81X01 (C)	64	110	29.1	6.3	680	460~820	6890~7950	26500
M68KPH195X	74	108	29.1	6.3	575	810~1230	7550~8500	29500

7. 显像管图像的显示

显像管从发光到显示图像的过程可分为三步：首先，显像管各电极具有规定的电压，是其自身发光的必要条件，这时阴极发射的电子轰击荧光粉，在屏面中央形成一个亮点（实际上是 R、G、B 三色光点聚合形成）。其次，行、场偏转线圈产生的磁场作用于电子束，使电子束对整个荧光屏进行扫描，荧光屏各像素有序发光而形成光栅。再次，用 R、G、B 信号控制 R、G、B 三阴极发射电子束的能力，来控制荧光屏各像素发光的强度及比例，荧光屏将显示彩色图像。

显像管是否发光及发光强度主要由阴极与加速极电压决定，其次是由阳极电压值决定；图像颜色则主要由 R、G、B 三阴极电压比例决定；图像是否清晰主要由聚焦极电压决定。

2.7.2 色纯度调整

色纯度是指彩色显像管显示单基色光栅的纯净程度。具体地说，就是要求 R、G、B 电子束轰击对应的 R、G、B 荧光粉，而不轰击其他荧光粉。

提示：色纯度不良的故障现象是，屏幕局部出现色斑。

造成色纯度不良的原因主要有以下三方面。

1. 显像管偏转中心与曝光中心不重合

因为在涂敷 R、G、B 荧光粉时，采用曝光法来模拟电子束扫描，曝光时光源所在位置称曝光中心，R、G、B 三个曝光中心构成一个曝光平面，如图 2-26 所示。因此，只有使偏转中心与曝光中心重合，才能确保色纯度良好；如果显像管偏转中心与曝光中心不重合，就会产生色纯度不良的故障，具体调整方法是移动偏转线圈在显像管管锥上的前后位置。

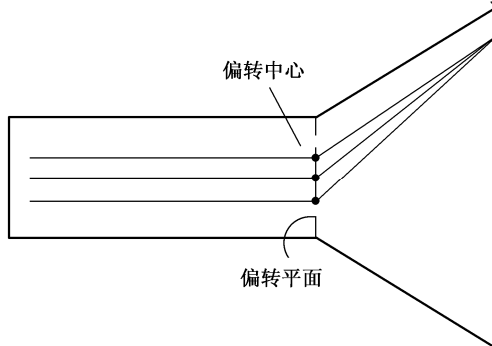


图 2-26 偏转中心与偏转平面

2. 电子枪在管颈内的安装位置与管颈轴线不重合

由于工艺误差,造成电子枪在管颈内的安装位置与管颈轴线不重合,而移动偏转线圈在显像管管颈上的位置只能使偏转平面与曝光平面重合,但 R、G、B 偏转中心与 R、G、B 曝光中心不一定重合。为了校正这种误差,在管颈上套有一对色纯调整磁环,如图 2-27 所示。改变两片色纯磁环的位置,可使 R、G、B 电子束产生等量位移,从而使偏转中心与曝光中心重合,以获得最佳色纯度。

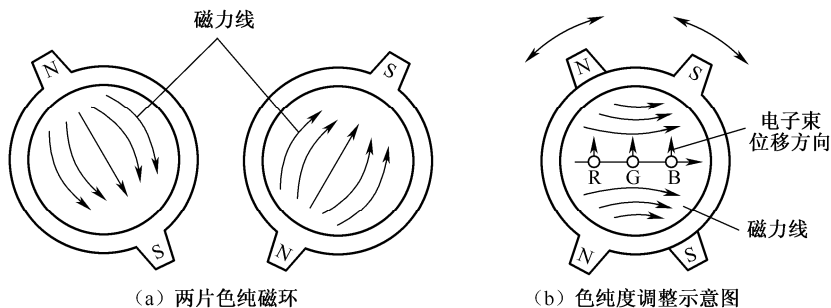


图 2-27 色纯度调整磁环

3. 杂散磁场对电子束运动轨迹的影响

地磁场及周围杂散磁场对电子束运动轨迹的影响也会引起色纯度不良。还有管内电子枪、荫罩等都是金属材料制作,在每次工作过程中都会受到电子束产生的磁场及外界磁场的磁化而留有剩磁,这种剩磁影响电子束的运动轨迹,使电子束轨迹偏离而引起色纯度误差。避免此色纯误差的方法是,在显像管锥体外设置金属屏蔽板并设立消磁线圈。

消磁线圈在彩色显像管锥体的位置如图 2-28 (a) 所示。消磁线圈串有正温度系数热敏电阻,然后接到 220V 交流电源上,如图 2-28 (b) 所示。常温下热敏电阻阻值为 30Ω 左右,因此每次电源开关接通后,有很大的交流电流流过消磁线圈,消磁线圈磁通量达到 500 安匝以上,较大的电流使热敏电阻发热,阻值急速增大,消磁电流很快减小到微安,如图 2-28 (c) 所示。以上消磁过程在 2~4s 内完成,电视机每次开机时,便自动完成一次消磁。

2.7.3 会聚调整

会聚是指 R、G、B 电子束在任一扫描下,均能穿过同一个荫罩孔,以击中同一组 R、G、

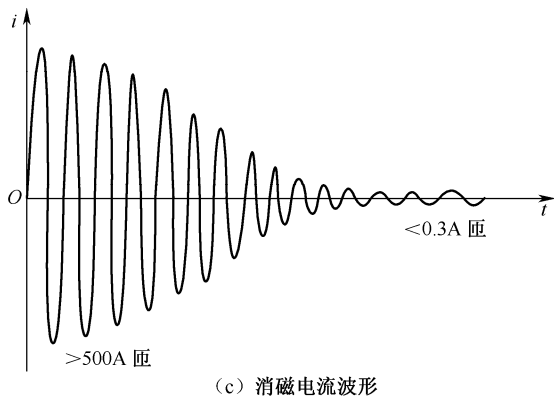
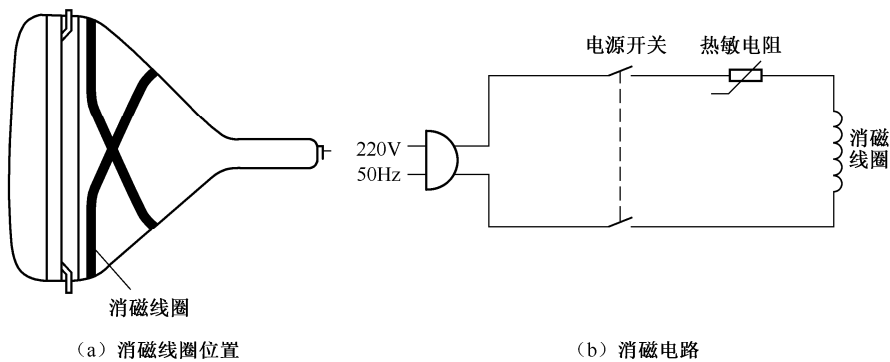


图 2-28 消磁线圈与消磁电流

B 荧光粉点。如果 R、G、B 电子束没有穿过同一个荫罩孔，则称发生了会聚误差，如图 2-29 所示。此时屏幕一个白色亮点分裂成 R、G、B 三色点或两种色点，或一条白色亮线分裂成 R、G、B 三色线或两种颜色线。

提示：会聚不良故障现象是：图像的轮廓将出现彩色镶边现象。

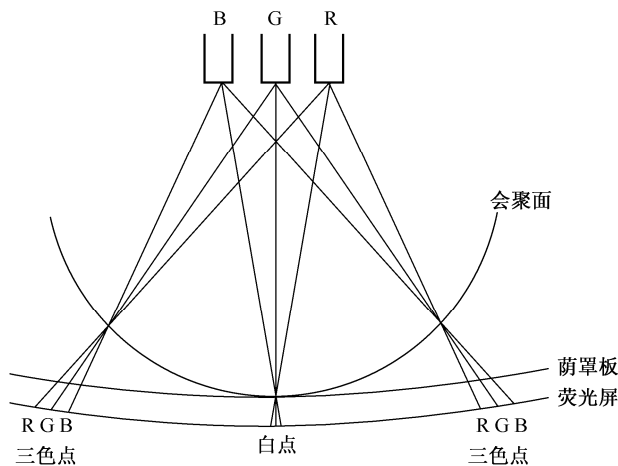
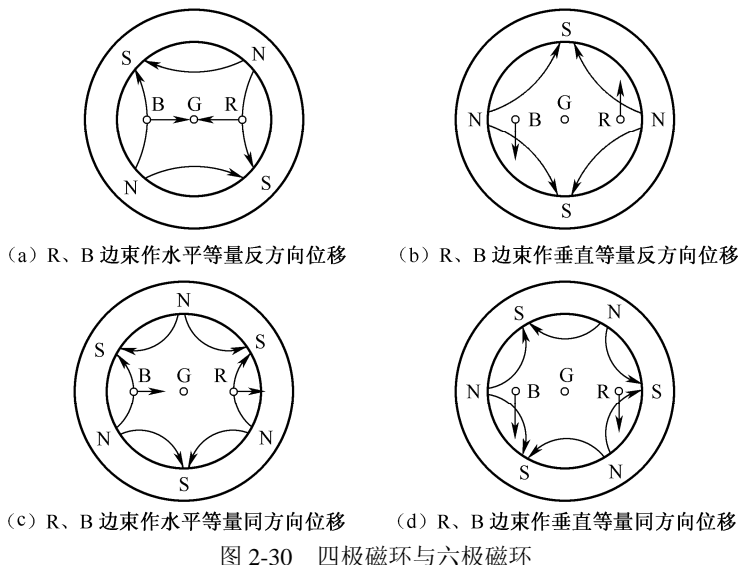


图 2-29 会聚误差示意图



1. 静会聚

静会聚是指 R、G、B 电子束在没有进行偏转时的会聚，也就是屏幕中心的会聚。产生静会聚误差的原因是电子枪中的 R、G、B 阴极水平一字形排列制作过程中的工艺误差。静会聚调整由管颈上的一对四极磁环和一对六极磁环组成，如图 2-30 所示。



四极磁环的特点是，磁环磁场对 G 中束不影响，而使 R、B 两边束作等量反方向位移。调整时，让电视机屏幕显示方格测试图像，如果 R、G 两边束没有在水平、垂直方向聚合成紫色线条，则可调整四极磁环，使之聚合成紫色线，如图 2-20 (a)、(b) 所示。

六极磁环的特点是，磁环磁场对 G 中束也没有影响，而使 R、B 两边束作等量同方向位移。当 R、B 两边束已经聚合成紫色线后，但没有再与绿束重合成白色线，此时可调整六极磁环，使之聚合成白色线，如图 2-20 (c)、(d) 所示。

注意：先调四极磁环，后调六极磁环，而且要反复调整。

2. 动会聚

动会聚是指 R、G、B 电子束在扫描偏转过程中的会聚，也就是屏幕边缘四角的会聚。产生动会聚误差的原因是，由于 R、G、B 电子束在水平方向不是从同一点发射出，再加上荧光屏的曲率半径大于偏转半径（从偏转中心到屏幕中心的距离），使 R、G、B 电子束的会聚面与荫罩板仅仅在屏幕中心重合，于是在屏幕边缘四角产生较大的会聚误差。

为了校正动会聚误差，采用了特殊设计的精密动会聚校正型偏转线圈，并在电子枪内部顶端设置了一些内部磁极（磁增强器和磁分路器），来实现动会聚误差的自动校正。自动会聚并不是不需要调整，偏转线圈在管颈上的安装位置还是需要调整的，该调整可参阅整机调整手册。

2.7.4 白平衡调整

白平衡是指当彩色电视机在接收黑白图像信号时，在任何对比度下均能呈现黑白图像，



而不带任何色彩。黑白图像不标准，则彩色图像的颜色也是失真的。

提示：白平衡不良故障现象是：图像颜色不标准。

由于工艺上的误差，显像管 R、G、B 阴极调制特性并不完全一样，R、G、B 荧光粉的发光效率也不相同，这时即使显像管 R、G、B 阴极静态电压相同，R、G、B 三基色信号幅度相同，也会出现白平衡不良现象。而显像管座板电路为 R、G、B 阴极提供的静态电压及 R、G、B 三基色信号幅度也是有差异的，有差异必须有调整。由此可见，必须设立白平衡调整电路，白平衡调整又分为暗平衡调整和亮平衡调整。

1. 暗平衡调整

当显像管 R、G、B 调制特性曲线中的截止电压不同，这必然引起黑白图像带色彩，尤其是在低亮度区带色彩严重。暗平衡调整的实质是显像管 R、G、B 阴极静态工作点调整。例如，调整图 2-31 电路中的 RP557、RP558、RP559 可调电阻，就可以调整 VT506、VT508、

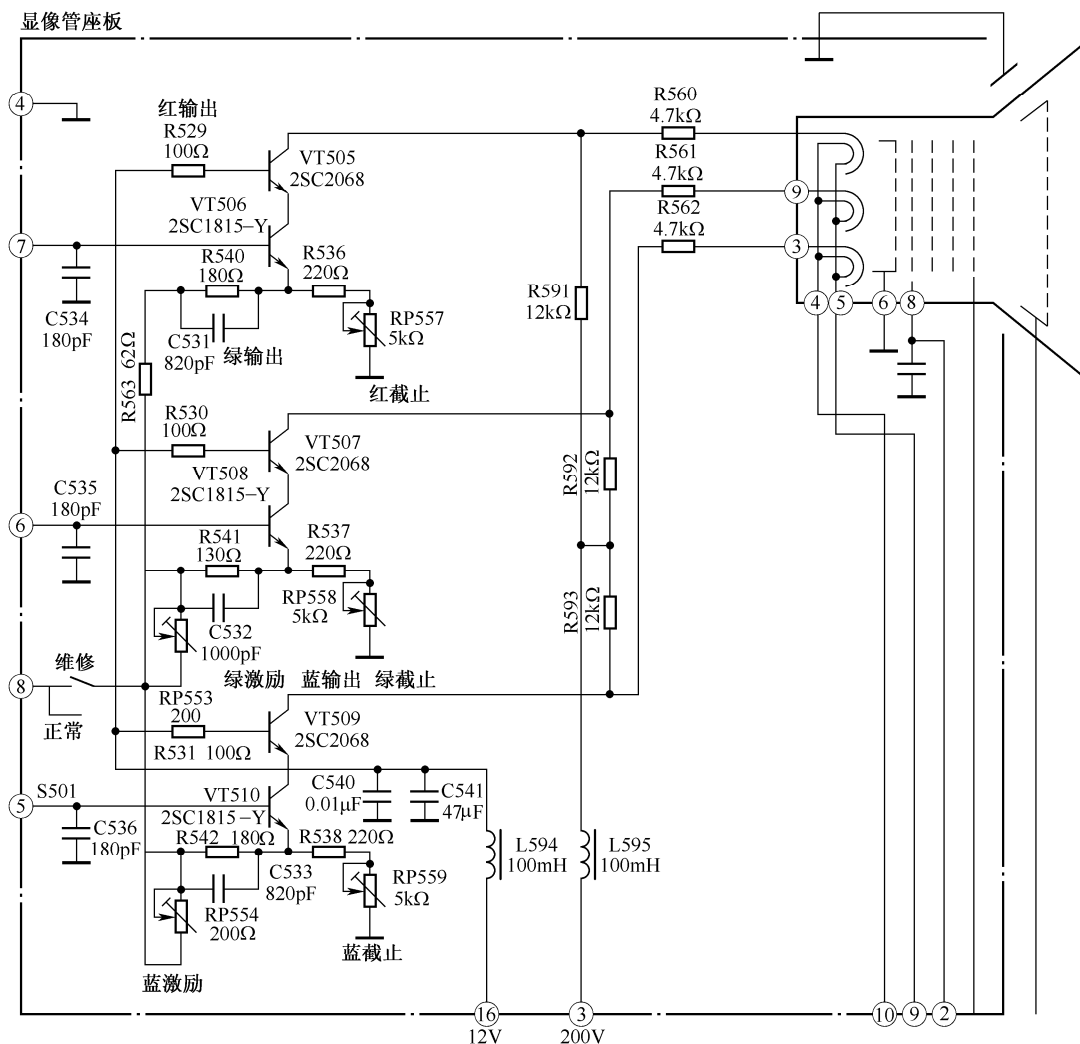


图 2-31 显像管座板中的 5 个白平衡调整电位器



VT510 是静态电流, 进而可调整 VT505、VT507、VT509 集电极电压, 即调整显像管 R、G、B 阴极静态电压。

提示: 暗平衡就是显像管 R、G、B 阴极静态工作点调整。

2. 亮平衡调整

当显像管 R、G、B 调制的曲线中的跨导不同, 则低亮度区的黑白图像比较标准, 但在高亮度区, R、G、B 电子束电流大小差异很大, 带色彩严重。亮平衡调整的实质是显像管 R、G、B 阴极信号幅度调整。例如, 对于图 2-31 所示的显像管座板电路, 它以 R 基色信号为基准, 通过调整 RP553、RP554 可调电阻, 就可以调整 G、B 基色信号的幅度, 最后使 R、G、B 三基色信号获得平衡。

提示: 亮平衡调整就显像管 R、G、B 阴极信号幅度调整。

注意: 先调暗平衡, 后调亮平衡。由于两者调整会相互影响, 因此要反复调整。

2.7.5 彩色显像管故障检测

实际使用中, 显像管是很少损坏的, 常见故障有: 老化、漏气、散焦、色纯不好、灯丝断、极间漏电等。由于显像管是彩电最贵重的元件, 所以一旦出现了故障, 必须认真检查确认, 避免误判。上述故障一般无法修复。

1. 显像管老化的检查

显像管老化往往是一个较长的渐变过程, 起初略有偏色或亮度略低, 后来逐渐发展到不能正常收看。

灯丝老化: 若加速极电压正常, 将亮度、对比度调节到最大后, 三个阴极电压能达到 120V 以下, 但这时画面仍不能恢复正常, 且调节副亮度和暗平衡均不能排除故障。这时继续调节副亮度以强行降低阴极电压来提高亮度, 如果只有在阴极电压下降到 110V 以下时, 亮度才能恢复正常, 但图像轮廓部位又出现白色或彩色拖尾现象, 可以确认显像管灯丝老化。

阴极老化: 若遇到偏色故障, 如果只有将彩色不足的阴极电压调到低于 110V 时, 屏幕上才能出现黑白噪点, 但接收节目时图像轮廓部分有彩色拖尾现象, 可确认为彩色不足的阴极老化。

测量阴极电流可判断显像管是否衰老。当把亮度调至最大时, 显像管正常发射电流值应为 0.6~1mA, 如果电流指示在 0.3mA 以下则表示显像管已经衰老。

判断衰老的程度: 在加灯丝电压的情况下, 采用万用表电阻挡, 正表棒接阴极、负表棒接栅极, 正常情况下阻值应为 1k Ω 以下, 若阻值为数十千欧, 表示电子束发射能力减弱, 测得的阻值越大, 表明其衰老越严重。

2. 显像管灯丝断的检查

在通电的情况下, 如果灯丝不亮, 只要测量灯丝两脚上的电压是否正常, 就可判断灯丝有无烧断; 若有电压而灯丝不亮, 必定是显像管灯丝断开。

电阻测量应在断电的情况下进行。对于正常管子的灯丝电阻约为 10 Ω 。如果测量时发现阻值很大, 甚至不通, 就表明灯丝接触不良或已断开。至于阴极与灯丝之间的电阻均应为无



穷大。如果有短路现象，则表明灯丝与阴极相碰。

3. 显像管漏气的检查

观察显像管灯丝是否亮的同时，如果发现显像管颈部分发紫光，可判断显像管漏气。

4. 显像管极间漏电的检查

调节聚焦极电压时，在聚焦效果变化的同时亮度也随着变化；同理，调节加速极电压时，在亮度变化的同时，聚焦效果也会随着变化。检修中，遇有显像管聚焦不良但更换管座无效时，应考虑显像管聚焦极与加速极之间漏电。

5. 显像管色纯差的检查

显像管的某个部位偏色，如果改变电视机摆放位置和方向仍不能纠正的话，可在开机2分钟后关机，查开关电源中消磁电阻发烫时，要考虑到显像管可能色纯不好。

6. 散焦的检查

显像管散焦时，无信号时屏面上噪点直径大且模糊；有信号接收时图像模糊不清，像是罩着一层雾。如果更换管座无效，调节行输出变压器上聚焦电位器聚焦效果有变化，但达不到理想效果，可断定显像管散焦。

彩电用久后，会出现刚开机图像模糊不清，甚至光栅极暗，随着开机时间的延长，图像才开始慢慢清晰正常，这是典型的管座聚焦极受潮漏电所引起的散焦现象。这种管座必须更换。

7. 高压帽或锥体部位打火

这种故障本质上与显像管无关，是高压帽绝缘性下降，显像管高压嘴锈蚀造成的。更换优质高压帽，并将高压嘴周围用酒精擦净，涂上适量硅胶，即可消除打火。打火发生在锥体部分时还需用吹风机对打火部位吹2分钟左右，以去除潮气。

知识梳理与总结

电子产品发生故障的原因是因为元器件有故障，维修的最终结果就是在电子产品中找出有故障的元器件并更换之，从而使电子产品的功能恢复正常。因此，电子产品元器件故障的在路检测是维修技术中的一项重要基本功。

电子产品元器件故障检测有两种，即单独故障检测与在路故障检测。单独故障检测是指电子元器件没有焊在电路板中的检测，即单独拿在手中的故障检测，通常在电子技术基础课程中有这种检测的训练，因此从略介绍。在路故障检测是指印制板中的电子元器件故障检测，在电子产品维修中，这种检测更加重要，因而重点介绍。

我们不能盲目地将印制板中元器件拆下来，应事先通过在路检测，证实某元器件确实有故障，然后再拆下来，这就是在路检测的重要性。受周围电子元器件连接的影响，有些电子元器件可以准确地检测，有些很难检测。因此，在路检测技巧很高。

电声器件与显像管在电子产品中经常用到，本项目也作了详细介绍，这也是为后面的电路级、产品级维修作准备。显像管的色纯度、会聚、白平衡调整技巧很高，只有经过反复练习才能掌握。



思考与练习 2

1. 电阻器的故障现象有哪些？怎样用万用表在路检查电阻故障？
2. 电容器在故障现象有哪些？怎样用万用表在路检查电容故障？
3. 变压器的故障现象有哪些？怎样用万用表在路检查变压器故障？
4. 二极管的故障现象有哪些？怎样用万用表在路检查二极管故障？
5. 三极管的故障现象有哪些？怎样用万用表在路检查三极管故障？
6. 检测集成电路是否损坏可采用哪些方法？
7. 如何检查扬声器、耳机耳塞及驻极体传声器的好坏？
8. 彩色显像管灯丝电压、阴极电压、加速极电压、聚焦极电压、阳极高压分别为多大？
9. 何谓色纯度？色纯度不良对屏幕图像有什么影响？
10. 色纯度不良的原因有哪些？在电视机中，采用什么措施来解决色纯度不良问题？
11. 何谓会聚？何谓静会聚？何谓动会聚？会聚不良对屏幕图像有什么影响？
12. 静会聚中的四极磁环与六极磁环调整有何区别？
13. 何谓白平衡？怎样判别白平衡故障？
14. 白平衡不良的原因是什么？如何调整？
15. 简述彩色显像管的故障现象及判断方法。



项目 3

电路级故障检修

电子产品是由各种单元电路组成的，如收音机由音频放大电路、中频放大电路、检波或鉴频电路、立体声解码等电路组成；电视机由电源电路、扫描电路、高频电路、音视频放大电路、彩色解码及微处理器控制电路等组成；笔记本电脑是由待机与开机电路、CPU 电路、充电电路、时钟及接口电路等组成。因此，电路级故障检修是电子产品维修技术的基础。

本项目共有 7 个任务：任务 3-1 是放大电路故障检修，任务 3-2 是电源电路故障检修，任务 3-3 是高频电路故障检修，任务 3-4 是解码电路故障检修，任务 3-5 是行扫描电路故障检修，任务 3-6 是场扫描电路故障检修，任务 3-7 是微处理器控制电路故障检修。

学习导航

学习 目标	最终目标	能检修典型电子电路的常见故障
	促成目标	1) 熟悉典型电子电路组成及原理 2) 掌握典型电子电路故障检修技巧 3) 能对典型电子电路进行调整 4) 能检修典型电子电路常见故障
教师 引导	知识引导	每次技能操作之前，应有知识引导，内容应包括：典型电子电路组成与工作原理分析；故障分析；电路测试与调整方法；故障检修技巧
	技能引导	技能操作可以彩色电视机、收音机为载体，先完成电路测试，以便熟悉电路，然后设置难度适宜的人为故障，让学生独立进行检修操作，并写出检修报告
	重点把握	放大电路是最基本的电路，电源电路是故障率最高的电路，故应作为学习的重点。解码电路故障检修是难点，可安排学时多一些
	建议学时	32 学时



任务 3-1 放大电路故障检修

在诸多单元电路中,放大电路是最基本的电路。按元器件分类有分立元件放大电路、集成运算放大电路;按功能分类有电压放大电路、功率放大电路、低频放大电路、高频放大电路等。本任务主要介绍应用最多的低频电压放大电路、功率放大电路的故障检修。

1. 学习目标

最终目标:能检修电压放大电路、功率放大电路故障。

促成目标:1)能分析元器件损坏后对电路的影响;

2)熟悉放大电路的故障检修技巧;

3)初步掌握采用电压测量法、电阻测量法、信号注入法来检修电路故障;

4)能对放大电路进行故障检修,找出损坏元器件。

2. 活动设计

活动内容 1:在如图 3-1 所示电压放大电路中设置一个故障元件,如电阻开路、电容失效、三极管击穿,要求采用电压测量法、电阻测量法及波形测试法找出故障元件,并排除故障。

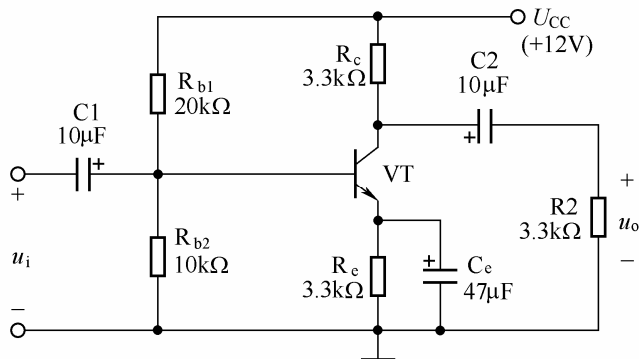


图 3-1 共发射极电压放大电路

活动内容 2:在如图 3-2 所示功率放大电路中设置一个故障元件,如电阻开路、电容失效、三极管击穿,要求先采用信号注入法(干扰法)确定故障部位,然后再采用电压、电阻测量法找出故障元件,并排除故障。

工具准备:共发射极放大电路板(特制)、TA 两片电视机伴音功放电路、万用表、示波器、电烙铁等。

时间安排:45 分钟。

评分标准:满分为 100 分,其中排除故障占 60%,检修报告占 40%。

扣分标准:①在检修过程中,每犯 1 次检修错误(如用万用表的交流电压挡测直流电压等)扣 10 分;②每超时 10 分钟扣 10 分;③每要求教师提示 1 次扣 10 分;④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。



故障检修报告范例

故障机型号	
故障现象	
故障分析与检修过程:	
故障检修结果	
指导教师评语	

3. 相关知识

相关知识部分将介绍电压放大电路静态检测与动态检测，介绍功率放大电路检修的正反判别法，干扰信号注入判别法及电压、电阻测试法。

3.1.1 电压放大电路故障检修

分立元件电压放大电路有共发射极、共基极及共集电极三种，对于如图 3-1 所示的共发射极放大电路，电路能否起放大作用，用信号发生器在电路输入端加信号，然后用示波器观察输出波形，虽然直观，但比较麻烦。通常检修时，要求用万用表将损坏的元件找出来。电路主要故障有：电阻开路，三极管击穿或开路，电容失效。

检修此电路的常用方法：电压测量法、电阻测量法、替代法等。

检修步骤：先检查直流部分（4 个电阻与三极管），后检查交流部分（3 个电容）。

1. 静态直流电路检查

用万用表测量三极管 b、e、c 电极对地电压，与电路图中所标电压如果基本一致，则直流电路正常，即 4 个电阻与三极管没有故障。如果不一致，则说明直流电路不正常，再根据故障分析及电阻测量法寻找出已损坏的元件。

检修直流电路故障，要学会分析每一个元件损坏后对直流状态的影响。对于图 3-1 所示的电压放大电路，当电路正常时， $U_b=4.0V$ ， $U_e=3.3V$ ， $U_c=8.7V$ 。故障分析如下：

- 1) 上偏置电阻 R_{b1} 开路：导致基极电压为零，三极管电流为零。
- 2) 下偏置电阻 R_{b2} 开路：导致基极电压增大，三极管电流过大而处于饱和状态。
- 3) 集电极电阻 R_c 开路：相当于集电极断开，三极管变成二极管，基极电流就是发射极电流。
- 4) 发射极电阻 R_e 开路：发射极与集电极电流均为零。
- 5) 三极管 b-e 短路：b 极与 e 极电压相等，三极管截止。
- 6) 三极管 b-c 短路：b 极与 c 极电压相等，三极管仍导通。
- 7) 三极管 c-e 短路：c 极与 e 极电压相等，三极管两个 PN 结均有 2V 反偏电压。

图 3-1 所示电路的电压测量如表 3-1 所示。由表可知，三极管的集电极是一个关键测试点，4 个电阻中，无论哪一个电阻发生开路故障，或三极管有故障，都会引起集电极电压异常变化。



提示：集电极电压是最重要的一个测试，如果集电极电压正常，则直流电路一般就正常。

表 3-1 放大电路电压测试一览表

故 障	U_b	U_e	U_c
电路正常	4.0V	3.3V	8.7V
R_{b1} 开路	0V	0V	12.0V
R_{b2} 开路	7.0V	6.3V	6.4V
R_c 开路	1.8V	1.1V	1.1V
R_e 开路	4.0V	3.55V	12.0V
b-e 短路	1.32V	1.32V	12.0V
b-c 短路	5.8V	5.2V	5.8V
c-e 短路	4.0V	6.0V	6.0V

若电压测量不正常，可关掉电源，通过电阻测量法找出有故障的元件。对于图 3-1 中电路，任一个电阻发生开路故障，或三极管发生开路或击穿短路故障，都可以用万用表进行在路检测。

2. 动态交流电路检查

动态检查最直观的方法是，用信号发生器在电路输入端加信号，然后用示波器观察输出波形，这种方法比较麻烦，当直流电路正常后，则对交流放大有影响的就是三个电容。电容若击穿将影响直流状态，电容漏电通常对电路影响甚微，电容失效则使信号不能通过。

当 C_1 失效时，信号不能输入；当 C_2 失效时，信号不能输出；当 C_e 失效时，由于 R_e 产生交流负反馈，电压放大倍数 A_u 近似为负载电阻与射极电阻的比值，约为 0.5。

$$A_u = \frac{R_c // R_2}{R_e}$$

可采用替代法，即将一只同容量电容并联在电路中的电容两端，若有效果，则说明电路中的电容已失效。

3.1.2 功率放大电路故障检修

功率放大器种类繁多，按电路形式分类有 OTL 功率放大器、OCL 功率放大器、BTL 功率放大器；按放大元器件分类有分立元件功率放大器，集成、厚膜功率放大器，分立元件与集成电路混合放大器；按末级功率管的静态工作点分类有甲类（A）功率放大器、乙（B）类功率放大器、甲乙（AB）类功率放大器。在电子产品中，功率放大电路由于功率损耗大，容易发生故障，所以掌握功率放大电路的故障检修，非常重要。

1. 典型音频功率放大电路分析

音频功率放大电路的作用是对音频信号进行功率放大，以推动扬声器工作。东芝 TA 两片机音频功率放大电路如图 3-2 所示。

图中由 VT603、VT604 组成互补推挽 OTL 型音频功率放大电路，采用+114V 供电。VT602 为激励放大器，VD602、R607 给推挽管 VT603、VT604 建立甲乙类静态工作点，以避免产



生交越失真，其中 VD602 还具有温度补偿作用，以稳定推挽管的静态电流。音频信号经 C608 耦合到放大管 VT601 基极，R619、R620 是偏置电阻，信号放大后由 C619 耦合到激励管 VT602 基极，经 VT602 激励放大和 VT603、VT604 功率放大后，由变压器 T661 耦合至扬声器。

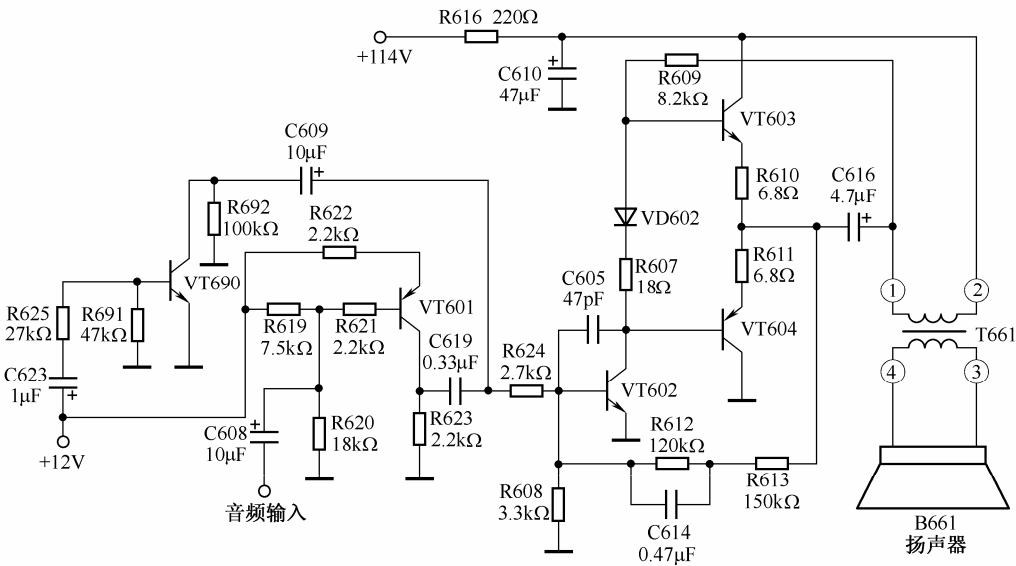


图 3-2 东芝 TA 两片机音频功率放大电路

C616 是耦合电容，由于扬声器阻抗经 T661 阻抗变换到①、②端相当于一个很大负载电阻，因此 C616 容量一般只选几 μF 即可。R610、R611 是限流保护电阻，以保护推挽管，并产生适量负反馈，以改善推挽性能。R613、R612、R608 是交直流负反馈电阻，直流负反馈可以稳定推挽管发射极电位，交流负反馈可以改善信号放大的性能。C605 为防振电容。R609 是 VT602 的集电极负载电阻，该电阻没有直接接 114V 电源，而是接 T661①端，它同样有 114V 直流电压供电，且具有自举升压作用。

VT690 开机静噪控制管。即在开机瞬间，由于 C623 两端没有电压，+12V 经 R625 给 C623 充电，此充电使 VT690 饱和导通，C609 左端接地，C609 将 VT601 输出的音频信号短路，使扬声器静噪。正常播放时，C623 两端充有 12V 电压，VT690 因无偏置而截止，C609 对电路没有影响。

2. 用正、负反馈法判别是否正常工作

采用正反馈法可准确在判别音频功率放大电路是否正常工作。具体操作方法是：检修者每一只手均握住一样小金属物，如小螺丝刀或镊子钳，一定要握在金属部位。然后，一只手将螺丝刀与音频信号输入端的焊点相碰，另一只手将螺丝刀与 T661③脚或④脚的焊点相碰，即通过人体构成反馈。若螺丝刀与 T661③脚焊点相碰时扬声器无声，则就是负反馈，可将螺丝刀改为与 T661④脚焊点相碰，则一定是正反馈，扬声器将发出清脆的啸叫声，表明音频功率放大电路正常。若螺丝刀与 T661③、④脚焊点相碰时均不会产生啸叫声，这表明音频功率放大电路完全不工作；若螺丝刀与 T661③、④脚焊点相碰时虽然有啸叫声，但啸叫声不清脆或啸叫声很轻，这表明电路可能存在失真或音轻故障。



3. 采用干扰信号注入法确定故障部位

将万用表置于电阻 $R \times 1K$ 挡, 并将其正表笔接地, 用负表笔从扬声器到功放再向前逐级触击电路的输入端, 若能听到扬声器发出的“咯”、“咯”干扰声, 说明这之后的电路是正常的, 反之, 若某一处听不到扬声器发出的“咯”、“咯”干扰声, 说明故障就出在这之后部分的电路。再配合采用电压法和电阻法进行检测, 便可确定相关故障元件。

干扰信号注入顺序: T661③④脚→T661①②脚→VT604 射极→VT602 集电极→VT602 基极→VT601 集电极→VT601 基极→信号输入端。

4. 用电压、电阻测量法找出有故障的元件

当故障部位确定后, 再通过电压、电阻测量法在故障部位找出有故障的元件。如确定故障部位是静噪电路, 则最常见的是 VT690 的 c-e 结击穿, 使送至功放电路的音频信号被 C609 短路, 从而造成无声音的现象。通过测 VT690 的 c-e 间的电阻值来检查 c-e 结击穿。

在电压测量中, 推挽管 VT603、VT604 的发射极电压测量十分重要, 此电压称为推挽管中点电压, 此电压通常是电源电压的一半 (48V)。如果此电压正常, 则通常 VT602、VT603、VT604 及周围电阻均正常。

图 3-2 所示电路的电阻故障在路检测已在任务 2-1 中介绍, 此处不再重复。

任务 3-2 电源电路故障检修

任何电子产品都需要在电源供电的情况下才能正常工作, 目前常用的有普通稳压电源电路和开关稳压电源电路两种形式。电源电路的损坏在电子产品维修中占有很大的比例。各种各样的故障往往是由电源产生的。本任务主要是在掌握电源电路工作过程的基础上, 分别掌握普通稳压电源电路和开关稳压电源电路故障检修方法与技巧。

1. 学习目标

最终目标: 能检修电源电路故障。

促成目标: 1) 熟悉电源电路组成及原理;

2) 掌握电源输出电压调整方法;

3) 熟悉电源电路的故障检修技巧;

4) 进一步熟悉采用电压测量法、电阻测量法来检修电路故障;

5) 能对电源电路进行故障检修, 找出损坏元器件。

2. 活动设计

活动内容 1:

1) 以图 3-3 所示西湖 35HJD8 型电视机电源电路为例, 测量 VT603、VT605、VT606 各电极电压, 测量 T601 次绕组有效值电压、整流滤波后的直流电压及输出直流电压。

2) 在图 3-3 所示电路中设置一个故障元件, 如电阻开路、电容失效、三极管击穿, 使输出电压不正常, 要求采用电压测量法、电阻测量法找出故障元件, 写出检修报告。

活动内容 2:

1) 以图 3-4 所示东芝 TA 两片机开关电源电路为例, 测量 C810、C812 上的直流电压,



测量 STR5412 各引脚电压；测量 T802④、⑥、⑦脚电压波形，并测出波形的幅度与周期。

2) 在图 3-4 所示电路中设置一个故障元件，如电阻开路、电容失效、三极管击穿，使输出电压不正常，要求采用电压测量法、电阻测量法找出故障元件，写出检修报告。

工具准备：西湖 35HJD8 型电视机、东芝 TA 两片机、万用表、示波器、电铬铁等。

时间安排：45 分钟（活动内容 1）+45 分钟（活动内容 2）。

评分标准：满分为 100 分，其中测试占 40%，排除故障占 40%，检修报告占 20%。

扣分标准：①在测试检修过程中，每犯 1 次检修错误（如用万用表的交流电压挡测直流电压等）扣 10 分；②每超时 10 分钟扣 10 分；③每要求教师提示 1 次扣 10 分；④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

完成电源电路故障检修这一个大工作任务，需要介绍普通稳压电源故障检修相关知识，并重点介绍一个开关稳压电源电路的工作原理、故障检修方法与技巧。

3.2.1 普通稳压电源电路故障检修

普通稳压电源电路就是指传统的串联型稳压电源电路，其主要缺点是效率低，但电路简单、非常成熟，在一些小功率电子产品中广泛应用。以图 3-3 所示普通稳压电源电路为例，电路原理与故障检修分析如下。

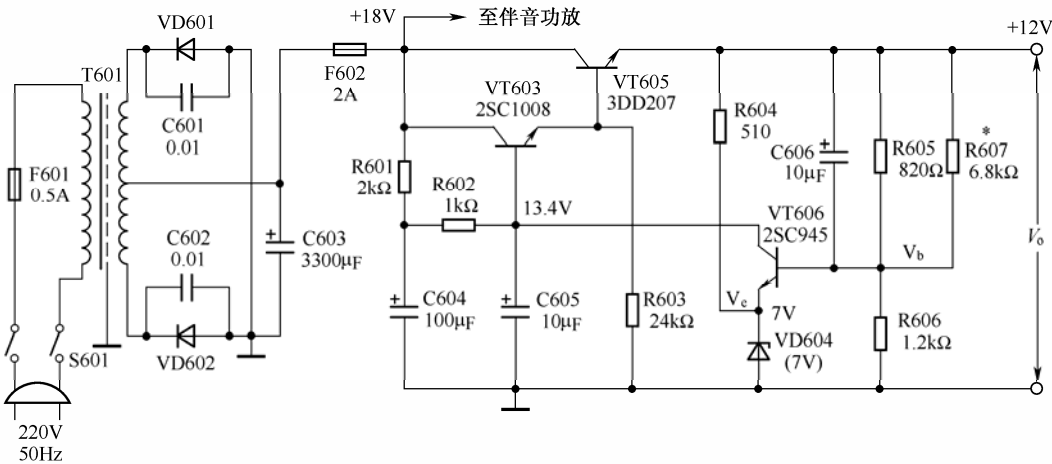


图 3-3 普通稳压电源电路

1. 整流滤波电路分析

由于该电源电路稳压输出为 12V，所以电源变压器 T601 的任务是将 220V 交流电网电压降为 16V 左右。要求电源变压器输出功率大，而且自身不产生较大的温升。电源变压器的漏磁也要小，否则电源变压器产生的 50Hz 交流磁场，对显像管电子束扫描及其他电路会产生干扰，所以电源变压器应在离电路板远一些位置安装，有些电视机将电源变压器屏蔽起来。另外，为了避免外界干扰通过电网进入电视机内，电源变压器内部初、次级绕组间加铜箔做成接地屏蔽层。电源变压器的初级经交流熔丝 F601 及电源 S601 接 220V 交流电网电压。



由 VD601、VD602 组成的全波整流电路。在交流电正、负半周期间, VD601、VD602 轮流导通, 给 C603 充电, C603 为滤波电容, C603 上约形成 18V 左右直流电压。

为保护整流管及消除高频干扰, 在 VD601、VD602 两端分别并联 C601、C602 小电容。因 C603 容量非常大, 在每次开机瞬间, 由于 C603 上原始电荷为零, 故 C603 的充电电流特别大, 充电电流全部从整流管中流过, 这种电流又称为浪涌电流, 它容易导致二极管损坏。在整流管并联 $0.01\mu\text{F}$ 小电容后, 在开机瞬间, 小电容对浪涌电流有旁路作用, 故保护了整流管。另外, 若电源中混入高频信号, 由于二极管的非线性作用, 会使高频信号受 50Hz 调制而产生调制交流声, 小电容可以将二极管两端的高频信号旁路, 从而消除高频干扰。

2. 稳压电路分析

稳压电路的任务是, 当输入交流电或负载电流在一定范围内变化时, 使输出 12V 直流电压保持稳定。稳压电路由 VT603、VD604、VT606 等组成, 其中 VT603、VT605 组成 NPN 复合型调整管, VD604 为基准稳压管, 为 VT606 射极提供 7V 基准电压, VT606 是误差比较放大管, R605~R607 是误差取样电阻。

VT606 基极电压 V_b 就是取样电压, V_b 的大小随着输出电压 V_o 而变化。VT606 为比较放大管, R601、R602 既是 VT603、VT605 复合调整管的偏置电阻, 又是 VT606 的集电极负载电阻。VT606 发射极施加一个稳定的基准电压, 这样当基极取样电压发生微小变动时, VT606 基极电流也会发生变动, 经 VT606 放大后, VT606 集电极电流或电压将发生较大变动, 用它去控制调整管的基极偏置, 改变调整管的导通程度, 从而达到输出电压稳定。

例如, 当交流电网升高或负载电流减小时, 则输出电压 V_o 将升高, 经 R605~R607 取样后, 使 VT606 基极取样电压升高, VT606 电流增大, VT606 集电极电压下降, 也就是调整管基极电压下降, 调整管导通程度下降, 输出电压将回到 12V 标准值。同理, 当交流电网电压下降或负载电流增大时, 则输出电压 V_o 将下降, 经过与上述相反的稳压过程, V_o 将升回到 12V 标准值。

欲改变输出电压 V_o 的值, 只要改变取样电阻值 R607 即可。当增大 R607 阻值, 输出电压 V_o 将升高; 当减小 R607 阻值, V_o 将降低。

稳压电路还具有滤波功能, C604~C606 就是使稳压电路再发挥出滤波功能。因为滤波电容 C603 虽然容量非常大, 使滤波效果良好, 但 18V 未稳直流电压中不可能不含有交流纹波, 此交流纹波经 R601、R602 加到调整管基极, 使输出端也含有纹波。接入 C604、C605 后, 就可以将调整管基极上的交流纹波滤除, 避免交流纹波窜到输出端。另外, 即使交流纹波窜到输出端, C606 将交流纹波耦合到 VT606 基极, 经类似于稳压的自动反馈过程, 输出交流纹波也会大为减小。

3. 无 12V 输出电压故障检修

电源电路无 12V 输出, 首先应检查 F601、F602 两个熔丝。若 F601 或 F602 熔断, 有可能是熔丝本身质量不好, 但换上新熔丝后再次熔断, 说明电路有电流过大故障。若 F601 再次熔断, 有可能是整流管 VD601、VD602 击穿, 也可能是 C601、C602 击穿。若 F602 再次熔断, 有可能是稳压输出 12V 的负载过流, 也可能是调整管 VT603、VT605 的 c-e 结击穿。

若熔丝好, 再检查 C603 上的 18V 直流电压是否正常。C603 上无 18V 电压, 则有可能是电源变压器绕组开路, 或电源开关 S601 接触不良, 或 VD601、VD602 整流管都开路。若



C603 的 18V 电压正常, 则无 12V 输出电压的原因可能是 R601、R602 开路, C604、C605 击穿, 或 VT603、VT605 开路。

4. 输出电压偏高或偏低故障检修

这通常是取样、基准、比较放大电路有故障。在图 3-3 所示电路中, 凡是引起 VT606 电流减小的故障都会引起输出端 12V 电压偏高, 如 R605、R607 阻值增大或开路, 或 VD604 开路及 VT606 本身开路。凡是引起 VT606 电流增大的故障都会引起输出端 12V 电压偏低, 如 R606 开路, VD604 击穿或 VT606 本身 c-e 结击穿。

引起输出 12V 电压偏低的原因还有两个, 一是负载电流偏大, 虽还没有大至烧熔丝的程度, 但电流偏大到超过稳压控制范围; 二是整流滤波后的 18V 电压偏低, 如只有 13V 左右, 造成调整管 c-e 结压降不够, 18V 偏低多数是 VD601、VD602 中有一只开路, 或 C603 容量不足。

5. 纹波滤除不良故障检修

在电视机电源中, 若纹波滤除不良, 就会使输出直流电压中含有较多的交流纹波。由于整流电路通常采用全波整流或桥式整流, 所以交流纹波的频率为 100Hz。

当滤波电容 C604~C606 中有电容容量减小或开路时, 就会引起交流纹波滤除不良。尤其是 C603 大电容长期大幅度充放电, 容易使容量减小, 这不但使 C603 上的平均直流电压下降, 而且使 C603 上的 100Hz 锯齿纹波明显。

普通稳压电源电路故障检修一般不难, 只要在检修过程中负载不发生人为短路, 检修就比较安全。

3.2.2 开关电源电路故障检修

开关电源电路具有效率高、体积小、重量轻等优点, 所以在电子产品中广泛应用, 如电视机、计算机显示器、DVD、笔记本电脑等。开关电源电路复杂, 种类很多, 故障率高, 维修难度大。有人说, 会检修开关电源故障, 也就会检修电子产品故障。以图 3-4 所示的开关电源电路为例, 工作原理与故障检修分析如下。

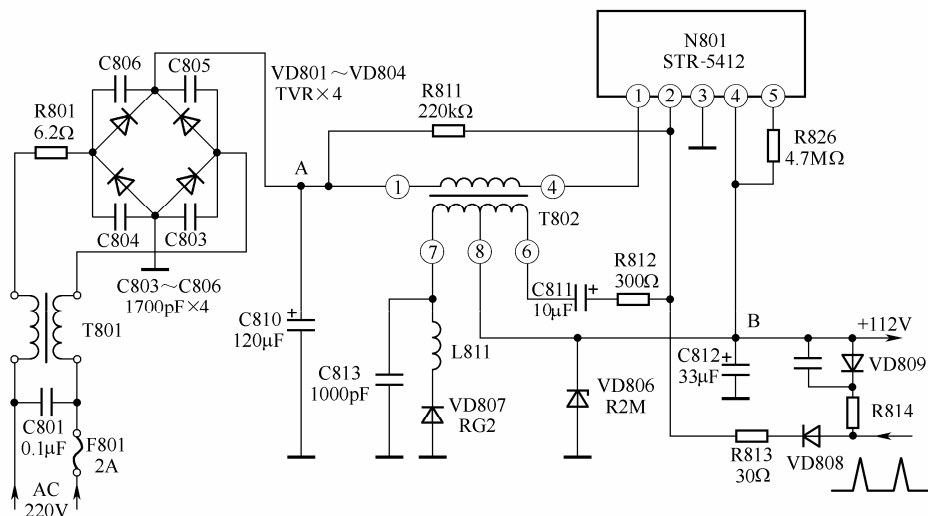


图 3-4 东芝 TA 两片机开关电源电路



1. 开关管振荡过程分析

电源开关闭合后, 220V 交流电经熔断管 F801、线路滤波器 T801 及 VD801~VD804 桥式整流后, 在滤波电容 C810 正端 A 点形成 300V 左右未稳直流电压。C801、T801 的作用是滤除市电内的高频干扰信号, 同时也防止机内开关电源的干扰脉冲进入交流电网, C803~C806 用来滤除高频干扰并保护整流二极管。

开关稳压电路以厚膜集成块 STR-5412 为核心, 是一种串联型自激式开关电源。STR-5412 内部电路如图 3-5 所示, 下面介绍其振荡工作过程。

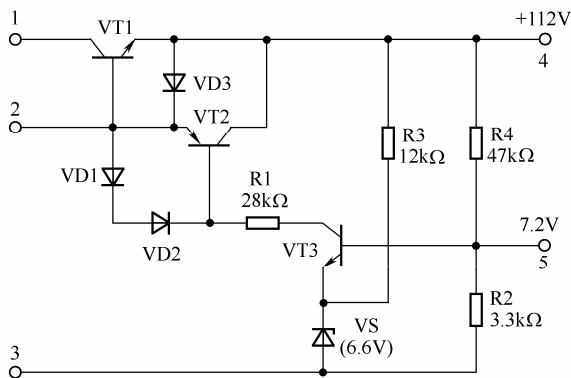


图 3-5 STR-5412 内部电路

A 点的 300V 直流电压被分成两路, 一路经开关变压器 T802 的①④绕组加到 STR-5412 的①脚, STR-5412 的①脚内接开关管 VT1 的集电极; 另一路经启动电阻 R811 加到 STR-5412②脚内接的开关管 VT1 的基极, VT1 被开启导通。VT1 集电极电流在 T802①④绕组上产生①正④负的感应电势, 在 T802 正反馈绕组得到⑥正⑧负的感应电动势, 此电势通过 C811、R812 加到 STR-5412②脚内部开关管的基极, 使开关管 VT1 的集电极电流进一步增大, 正反馈的结果, VT1 迅速进入饱和导通状态。

由于正反馈雪崩时间极短, 正反馈电容 C811 来不及充电, 所以在开关管 VT1 饱和后, 正反馈绕组 T802⑥⑧两端的感应电势会通过 R812、VT1 的 b-e 结对 C811 充电, 充电回路为: T802⑥正→C811→R812→VT1 b-e 结→STR-5412 的④脚→T802⑧负, 充电电流保持 VT1 的饱和导通。

在 VT1 饱和期间, 300V 输入电压通过 T802①④绕组和 VT1 对负载供电及对负载端电容 C812 充电, 同时也使变压器 T802 储存磁场能量。

随着 C811 两端充电电压的增大, 对 C811 的充电电流将不断减少, 即 VT1 的基极电流逐渐变小, 最终使开关管 VT1 退出饱和状态。

VT1 一旦退出饱和, 其基极电流的减少将引起集电极电流的减少, 于是 T802 各绕组感应电势反相, T802 正反馈绕组感应电势变成⑥负⑧正, 此感应电势再经 R812、C811 反馈到 STR-5412②脚内接的开关管 VT1 的基极, 使 VT1 电流进一步减少, 正反馈作用促使 VT1 迅速进入截止状态。

VT1 截止后, T802 初绕组的感应电势是①负④正, 续流绕组⑧⑦端感应出⑧正⑦负电动势, 经 C812、L811 使续流二极管 VD807 导通, 储存的磁场能通过 VD807 向负载泄放 (T802



⑧正→C812→地→VD807→L811→T802⑦负), 对输出端滤波电容 C812 继续补充能量, 而这时正反馈绕组感应出的⑧正⑥负感应电动势使开关管 VT1 保持截止。

同时, 在开关管 VT1 截止期间, C811 两端的电压通过 R812、STR-5412 内部 VD3 放电; 300V 电压也经 R811 对 C811 反向充电 (300V→R811→R812→C811→T802 绕组⑥⑧→电源输出端的外接负载→地)。这一过程使开关管 VT1 的基极电位逐渐上升, 最终将使 VT1 重新导通, 进入下一个振荡周期。

为了提高电源的稳定性, 减少开关电源对图像的干扰, 在行扫描电路正常工作后, 由行逆程脉冲经 VD808、R813 送到 VT1 的基极, 使电源的受控振荡频率同步于行频。当然, 这里要求 VT1 的自由振荡频率必须低于行频。

2. 稳压过程分析

如上所述, 本电源在正常工作时 VT1 的开关频率与行频相同, 即开关管的开关周期是固定不变的。因此, 采用脉宽调制方式, 通过控制开关管的导通时间 (脉冲宽度), 来实现对输出直流电压的控制。

开关管 VT1 的导通时间由 C811 充电回路中的 C811、R812、VT1 的 b-e 间电阻及其并联电阻 (即 VT2 的 b-e 间电阻) 所决定。若该回路中的电阻阻值越大, C811 的充电时间越长, 则 VT1 的导通时间越长, C812 正端 B 点输出电压越高; 反之, 若该充电回路中的电阻阻值减少, 则 VT1 的导通缩短, B 点输出电压便降低。

稳压控制电路 STR-5412 内部的 VT2、VT3 等元件组成。VT3、VS、R1~R4 组成取样和比较放大电路, VT2 为控制元件。开关电源输出电压经 R4 和 R2 分压, 在 STR-5412⑤脚获得取样电压, 经与 VS 上的基准电压比较后产生误差电压, 该误差电压被 VT3 放大后加到 VT2 的基极, 去控制 VT2 的导通电流, 从而控制 VT2 的 c-e 间电阻 R_{ce} , 最后达到控制输出电压的目的。

现以 B 点输出电压 U_o (112V) 增加为例, 说明稳压控制过程:

$U_o \uparrow \rightarrow$ STR-5412 的⑤③脚间电压 $U \uparrow \rightarrow$ VT3 的 $U_{be3} \uparrow \rightarrow I_{c3} \uparrow \rightarrow$ VT2 的 $I_{b2} \uparrow \rightarrow$ VT2 的 $I_{c2} \uparrow \rightarrow$ VT2 的 c-e 间电阻 $R_{ce} \downarrow \rightarrow$ C811 的充电时间即 VT1 的导通时间 $\downarrow \rightarrow U_o \downarrow$ 。

反之亦然。

3. B 电压无输出故障检修

开关电源若有多个输出电压, 通常将主输出电压称为 B 电压。B 电压没有, 表明开关电源完全不工作。检查步骤是: 首先测量整流电路输出端 C810 两端的电压, 应为 300V 左右。若此电压为 0V, 应检查熔丝 F801 是否熔断, 桥式整流管 VD801~VD804 是否开路、限流保护 R801 是否开路等。若熔丝被烧断而管内不发黑, 大多是供电电压突然升高或更换的保险管细而引起, 此时更换熔丝即可。若熔丝被烧断且管内发黑, 为电源部分短路故障, 常为厚膜集成电路 STR-5412①④击穿短路、整流二极管 VD801~VD804 的任意一只击穿、滤波电路 C810 击穿等。

若 C810 两端的电压为 300V 左右, 则故障原因在开关调整电路元件损坏或线路开路。常见有厚膜集成电路 STR-5412 开路、开关变压器 T802 开路、启动电阻 R811 断路、虚焊、过压保护二极管 VD806 击穿等, 采用逐级检查法可以很快查到故障的具体部位。

在电源 B 电压输出端与地之间接有过压保护二极管 VD806, 当 B 输出电压升高超过某



值时, VD806 便击穿短路, 将 B 电压短路到地, 使开关管停振, 此时电路会产生轻微吱吱叫声。

4. B电压偏高或偏低的检修

主输出 B 电压升高, 说明整流滤波电路、启动电路和自激振荡电路工作基本正常, 故障范围重点在稳压控制电路, 包括取样比较、误差放大和分流调整等电路。因稳压控制电路导致 B 电压升高的常见原因有以下几种情况: 一是与开关管基极相连的分流电容变质损坏; 二是取样比较电路电阻变质或电位器开路; 三是取样电路中的滤波电容或开关管基极分流电路中的供电滤波电容变质损坏; 四是误差放大电路或开关管基极分流管损坏。如 C812、R826 及厚膜集成电路 STR-5412 性能变差等都会引起 B 电压升高的现象。

B 电压低于正常值的原因有两个方面: 一个是电源电路本身故障; 另一个是负载过流故障。确定故障部位的方法是: 断开负载, 然后接入假负载 ($390\sim 510\Omega/50W$ 的电阻), 再测量 B 电压, 若 B 电压恢复正常, 则故障原因是负载过流。若 B 电压仍偏低, 故障原因应是开关电源本身, 可能是 STR-5412 内部稳压电路有故障, 如 R2 开路等。

5. 检修注意事项

检修开关电源一定要注意安全。

1) 串联型开关电源的接地点带电, 检修时交流输入端最好加 1:1 隔离变压器, 检修者最好穿绝缘鞋, 以防触电。

2) 开关管集电极有近 300V 平均直流电压及 500V_{p.p} 开关脉冲, 测量时, 万用表或示波器的量程要拨得大一些。

3) 测量时手不能抖动, 以免引起相邻焊点短路。

4) 开关电源通常允许负载短路, 但不允许负载开路, 负载短路后, 自激式开关电源自动停振, 电路元件不会坏; 而负载开路后, 开关电源输出能量不能被负载吸收, 易击穿开关管。所以, 若一定要将负载断开, 则应接回假负载。

任务 3-3 高频电路故障检修

高频电路主要有高频小信号调谐放大电路、高频功率放大电路、调幅与检波电路、调频与鉴频电路、高频振荡电路及混频电路等。超外差接收机是最典型的高频电路, 它包括高频放大电路、本机振荡电路、混频电路、中频放大电路、检波电路。收音机、电视机的信号接收方式均为超外差方式。本任务主要介绍超外差接收电路的故障检修。

1. 学习目标

终极目标: 会检修高频电路故障。

促成目标: 1) 熟悉超外差接收机电路的组成及工作原理;

2) 掌握超外差接收机电路的故障检修技巧;

3) 能对超外差接收机电路进行手工调整;

4) 能检修超外差接收机电路的无声、灵敏度低等常见故障。

2. 活动设计

活动内容: 以图 3-6 所示某收音机的超外差接收机电路为例, 活动设计如下。

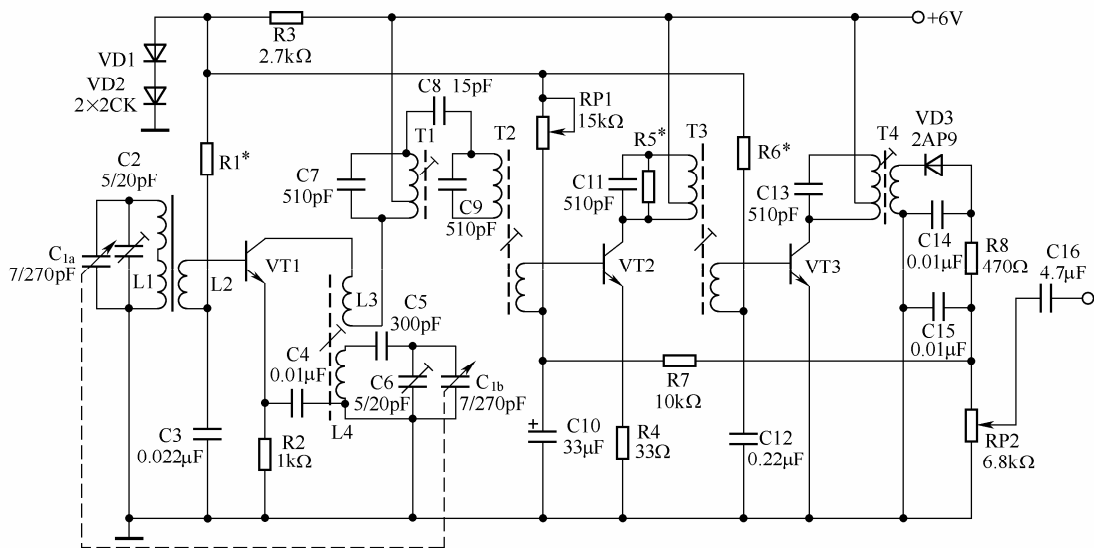


图 3-6 收音机超外差接收电路

- 1) 各级静态工作点测试。
- 2) 在此电路中设置一个故障元件，如电阻开路、电容失效、三极管击穿，使收音机无声，要求学生采用电压测量法、电阻测量法找出故障元件，并排除故障。

3) 通过手工调试，提高接收灵敏度。

工具准备：分立元件中波收音机，万用表，电烙铁等。

时间安排：60 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中工作点测试占 20%，排除故障占 40%，手工调试占 20%，检修报告占 20%。

扣分标准：①在测试检修过程中，每犯 1 次检修错误扣 10 分；②每超时 10 分钟扣 10 分；③每要求教师提示 1 次扣 10 分；④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

完成此工作任务需要介绍超外差接收方式基本概念，介绍一个超外差接收电路，然后重点介绍手工调整技巧与故障检修方法。

3.3.1 超外差接收方式简介

所谓超外差接收，就是将天线接收到的高频信号变换成中频信号，然后再放大到检波所需要的幅度，最后通过检波以获得低频信号。在变频的过程中，先由本机振荡电路产生比外来高频信号超出一个中频频率（电视机为 38MHz，调幅收音机为 465kHz，调频收音机 10.7MHz）的正弦波本振信号，然后将所接收的外来高频信号与本振信号送入混频器进行混频，混频后有差频（中频 38MHz、465kHz 或 10.7MHz）、和频及其他频率成分产生，再利用中频放大电路选出所需要的中频信号进行放大。超外差接收有下列优点。



1. 接收均匀

因为电台不同,载波频率也不同,则放大电路的增益也会有所不同。现在不管接收到什么电台,一律先转换成中频信号后再放大,显然各电台信号的增益几乎一致。

2. 接收灵敏度高

灵敏度是指电视机接收微弱电视信号的能力,灵敏度取决于信号通道的增益。如果直接放大高频信号,因频率太高,电路增益难以设计得很高。变换成中频后,频率降低,容易将中频放大电路的增益设计得高一些,于是使接收灵敏度提高。

3. 选择性好

选择性是指接收机所需电台抑制其他电台信号的能力,选择性取决于电路的选频特性。由于中频放大电路频率固定,因而容易将中频放大电路的选频特性设计得非常理想,从而提高了选择性。以接收电视 3 频道为例,其图像载频为 65.75MHz、伴音载频为 72.25MHz,只要本振频率为 103.75MHz,混频后便能产生 38MHz 图像中频信号及 31.5MHz 伴音中频信号,中频放大电路将给予放大。而其他频道电视信号窜进来后,它也会与 103.75MHz 本振信号进行混频,但混频后的差频不可能是 38MHz 和 31.5MHz,中频放大电路将不给予放大,也就是说荧光屏仅显示 3 频道的图像。

3.3.2 超外差接收电路分析

超外差接收电路实例如图 3-6 所示。这是一个中波收音机电路,共由四级电路组成:第一级以 VT1 为核心,构成变频电路;第二级以 VT2 为核心,构成第一中频调谐放大电路;第三级以 VT3 为核心,构成第二中频调谐放大电路;第四级以 VD3 为核心,构成检波电路。

1. 输入回路

首先,由 L1、C_{1a} 和 C2 组成输入回路。L1 和 L2 绕制在同一根磁棒上。L1 是初级绕组,匝数较多,分两段绕制;L2 是次级绕组,匝数较少,两者采用互感耦合。磁棒具有收集无线电波的作用,各种电台的无线电波会在 L1 中感应出微弱的高频信号,此信号经 L1、C_{1a} 和 C2 调谐选台,然后经 L1 和 L2 互感耦合到 VT1 的基极。

2. 变频电路

VT1 既是本机振荡管,又是混频管。VT1 作为振荡管,与 L3、L4、C4、C5、C6 及 C_{1b} 组成本机振荡电路,振荡频率由 L4、C4、C5 及 C6 决定,L3 是正反馈电感,振荡信号从 L4 抽头中取出,经 C4 耦合到 VT1 发射极。要求振荡信号频率始终比接收信号频率高 465kHz。为此,设置 C_{1a} 和 C_{1b} 同轴调节电容。调节时,若 C_{1a} 和 C_{1b} 容量同时从最小 7pF 增大到最大 270pF,则输入回路谐振频率从 1605kHz 变化到 535kHz,本振频率从 2070kHz 变化到 1000kHz,两者始终相差 465kHz。VT1 作为混频管,其静态工作点选在非线性区域,VT1 对基极高频调幅信号和发射极本振信号进行混频,VT1 基极电流中会产生 465kHz 差频分量,经放大,VT1 集电极电流中也含有 465kHz 分量,此 465kHz 差频分量又称为中频调幅信号,它被由 C7、T1、C8 和 T2 组成的双调谐回路选出,而混频产生的其他频率分量被双调谐回路滤除。双调谐的初、次级回路之间采用电容 C8 耦合,然后中频信号由 T2 中频变压器互感



耦合到 VT2 基极。

3. 中频调谐放大电路

共有两级中频调谐放大电路，VT2 是第一中频调谐放大管，偏置电流由 R_{p1} 调节，C10 是基极旁路电容，集电极接由 C11、R5 和 T3 初级组成的单调谐回路，谐振频率是 465kHz。其中，R5 是阻尼电阻，即有意识地增加回路损耗，展宽通频带。VT3 是第二中频调谐放大管，偏置电流由 R6 决定，C12 是旁路电容，其集电极接由 C13 和 T4 初级组成的单调谐回路，谐振频率也是 465kHz。

4. 检波电路

VD3 是检波二极管，它通常选用锗二极管。中频调幅信号的正半周信号被 VD3 阻断，负半周信号从 VD3 通过，经 C14、R8 和 C15 滤波后，获得含直流分量的原低频调制信号。其中，低频调制信号经 R_{p2} 音量电位器调节后，由 C16 耦合到音频放大电路。直流分量经 R7 加到 VT2 的基极，作为自动增益控制（AGC）电压，C10 滤除 AGC 电压中的音频信号。

5. AGC 电路

因为天线接收进来的信号有强有弱，因此 AGC 电路是必需的。AGC 的功能是：当接收强台信号时，降低中频调谐放大电路的增益，避免产生强信号阻塞失真。AGC 的原理是：信号越强，经检波后的直流分量越负，经 R7 影响到 VT2 基极，使 VT2 的静态电流减小，则增益也随之降低。

3.3.3 手工调整技巧

检修超外差接收机故障，往往缺仪器，因此掌握手工调整技术十分重要。以调幅收音机为例，调整步骤分中频调整、接收频率范围调整、跟踪统调次序进行。下面介绍具体调整方法。

1. 中频调整

中频频率未调准，则变频电路产生的 465kHz 中频信号就得不到足够的放大，收音机的接收灵敏度就极低，即使个别电台能接收，其音量也很轻。中频调整在各级静态工作点正常且本机振荡工作正常情况下进行。手工调整就是接收某一电台信号来进行调整。方法是：接收某一弱台信号，反复调整三个中周的磁芯，使音量最大为止。

注意：①不要接收强台信号；②中周磁芯位置旋得很深或很浅，说明中周质量不好，电路有故障；③一般调第一中周最敏感，调第三中周最迟钝，所以要先调第一中周，然后调整第二、第三中周；④要反复细调。

2. 接收频率范围调整

决定接收频率范围的是本振频率。由于收音机中波接收频率范围是 535~1605kHz，中频频率是 465kHz，所以本振频率范围是 1000~2070kHz。调整接收频率范围就是校准收音机面板频率刻度。具体调整步骤是：低端调本振线圈磁芯；高端调本振微调电容 C6。而且是先调低端，后调高端。



3. 跟踪统调

跟踪统调就是调整输入回路的频率,使之与本振频率始终相差 465kHz。理想频率跟踪曲线如图 3-7 虚线所示,但实际频率跟踪曲线如图 3-7 (a) 或图 3-7 (b) 实线所示。

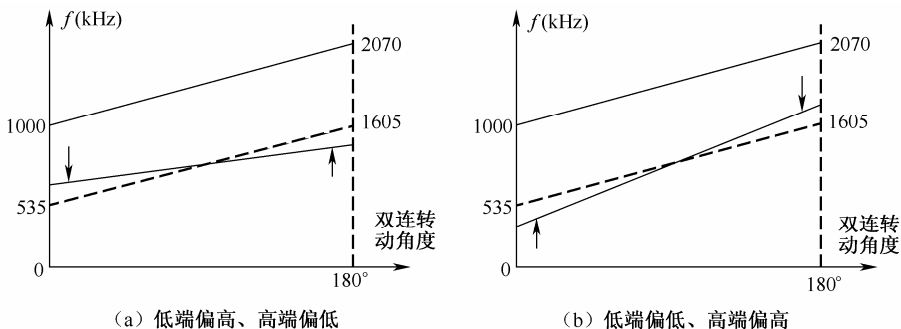


图 3-7 频率跟踪曲线

显然在整个中波段内,只有中频段才实现理想跟踪,即输出回路频率比本振频率低 465kHz。这是因为输入回路的频率覆盖系数为 3 (1605/535),而本振回路的频率覆盖系数为 2.07 (2070/1000),两者不一样。当振荡连 (C_{eb}) 与输入连 (C_{ea}) 可调电容同轴旋转时,不可能一个回路的频率变化范围达 2.07 倍,另一个回路的频率变化范围达 3 倍。

调整步骤是:在低端 600kHz 刻度附近接收某一电台,调节线圈在磁棒中的位置,使声音最响为止,然后将线圈固定住。在高端 1400kHz 刻度附近接收某一电台,调节输入回路 C_2 微调电容,使声音最响为止。

注意: 不要选择当地强台来进行调整。

经过以上三个步骤调整,收音机的接收灵敏度将极大提高,最后再进一步全面细调,以确保收音机呈最佳接收状态。

3.3.4 故障检修

1. 如何判别本振是否起振

以图 3-6 收音机超外差接收电路为例。若本机振荡电路不工作,则收音机将收不到电台。本振电路是否工作正常,在没有示波器场合可采用下列方法判别。

方法 1: 若碰触振荡回路热端,收音机有“咯咯”声,表示本机振荡基本正常。此方法虽然简单,但判别不十分准确。

方法 2: 单独确定本振是否起振,用万用表测变频管 b-e 之间偏置电压,若为 0.7V 左右(硅管),则表示本振停振,即三极管处于放大状态,没有处于振荡状态;若明显小于 0.7V,则表示本振起振。

方法 3: 用万用表测变频管 b-e 之间偏置电压,若为 0.7V 左右(硅管),再用镊子钳短路振荡线圈,若电压读数不变化,则表示本振停振;若电压读数明显减小,则表示本振起振。

以上判别对其他分立元件振荡电路也适用,其中方法 3 最准确。



2. 收不到电台故障检修

接收机收不到电台，说明接收电路完全不工作，其主要原因有：

- 1) 本机振荡电路停振，无法将欲收听的电台信号变成 465kHz 中频信号。
- 2) 变频管不工作。先测变频管集成极静态电流，通常应为 0.5mA 左右，若电流为零，检查上偏置电阻 R1 是否开路。直流正常后再查交流通路。
- 3) 中放管不工作。先测中放管集电极静态电流，通常应为 0.3~1mA，若电流为零，检查上偏置电阻 RP1 或 R6 是否开路。直流正常后再查交流通路。
- 4) 检波二极管坏，检波后的滤波电容击穿等。

3. 音轻且灵敏度低故障检修

收音机音轻但灵敏度不低（电台仍较多），通常是低频放大电路故障。音轻且灵敏度低（电台少），通常是超外差接收电路故障。音轻属于软故障，检修比较麻烦，音轻故障主要原因有：

- 1) 电池电压过低，造成中放管电流减小，增益降低。
- 2) 调整不良，如中频频率调乱，跟踪统调不良。
- 3) 三极管发射极旁路电容失效，产生负反馈，使增益下降。可用同容量电容并联上去一试，若增益立即提高，说明电容器确实失效。
- 4) 中频变压器局部短路或槽路电容漏电，造成回路失谐。
- 5) 天线线圈断、断股后灵敏度会降低。
- 6) 三极管基极旁路电容失效或漏电，造成旁路作用减退。可并联一只电容试一试。

任务 3-4 解码电路故障检修

解码电路种类很多，有调频立体声解码，NICAM 数码立体声解码及彩色电视信号解码等。解码电路的故障检修技巧很高，本节以彩色电视信号解码为例，介绍解码电路的故障检修方法。

1. 学习目标

终极目标：会检修彩色解码电路故障。

促成目标：1) 熟悉彩色解码电路基本工作原理；

2) 掌握 TA7698AP 无彩色故障检修技巧；

3) 能对 TA7698AP 解码电路进行测试；

4) 能对 TA7698AP 解码电路进行故障检修，找出损坏元器件。

2. 活动设计计划

活动内容：

以 TA7698AP 彩色解码电路为例，电路如图 3-8 所示，活动设计如下：

- 1) 用万用表测试 TA7698AP 解码电路各引脚电压，用示波器测试 TA7698AP⑤、⑧、⑪、⑬、⑭、⑮、⑯脚信号波形。
- 2) 在 TA7698AP 彩色解码电路中设置一个故障元件，如电阻开路、电容失效、三极管



击穿，要求学生采用电压测量法、电阻测量法及波形测试法找出故障元件，并排除故障。

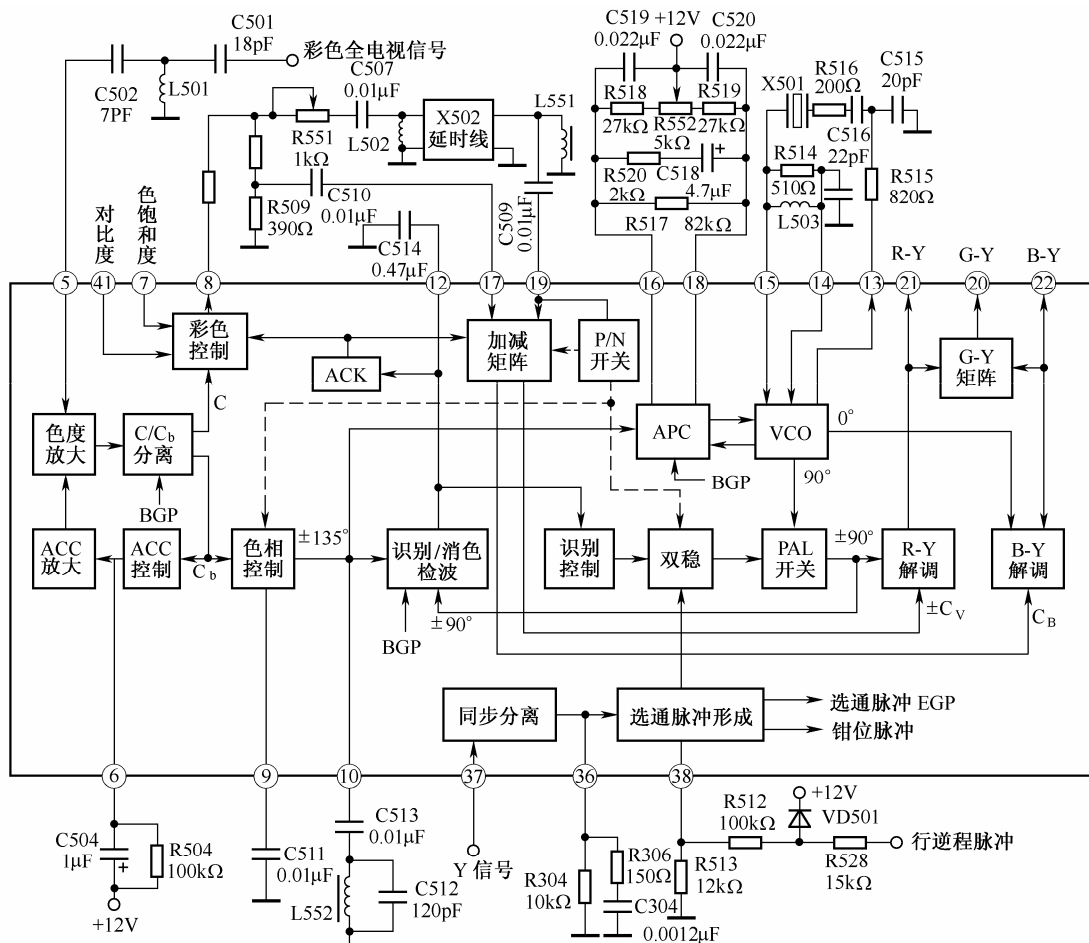


图 3-8 TA7698AP 彩色解码电路

工具准备：采用 TA7698AP 解码集成电路的电视机、万用表、电烙铁、示波器等。

时间安排：90 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中测试占 30%，排除故障占 50%，检修报告占 20%。

扣分标准：①在测试及检修过程中，每犯 1 次检修错误扣 10 分；②每超时 10 分钟扣 10 分；③每要求教师提示 1 次扣 10 分；④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

完成此工作任务，需要了解彩色电视信号编码知识，熟悉 TA7698AP 解码芯片的电路组成与工作原理，掌握对 TA7698AP 进行故障检修的方法与技巧。

3.4.1 彩色电视信号编码简介

彩色电视机解码电路的任务是：对色度信号 C 进行解码，以恢复产生 R-Y、G-Y、B-Y 三个色差信号。要对解码电路进行维修，首先要掌握解码电路的组成与工作原理，并了解色



度信号是如何编码的。

在 PAL 制彩色电视系统中, 编码就是两个色差信号对 4.43MHz 副载波进行逐行倒相正交平衡调幅处理, 处理后称为色度信号。色度信号是一行一行的, 每行时间为 64μs, 其数学表达式如下:

$$C = C_U \pm C_V = U \sin \omega_s t \pm V \cos \omega_s t$$

式中, U 为压缩后的蓝色差信号, 即 $U=0.493 (B-Y)$, $(B-Y)$ 为蓝色差信号; V 为压缩后的红色差信号, 即 $V=0.877 (R-Y)$, $(R-Y)$ 为红色差信号; 副载波频率 $f_s=4.43\text{MHz}$ 。平衡调幅就是指 U 、 V 信号与副载波相乘, 正交就是指 $\sin \omega_s t$ 与 $\cos \omega_s t$ 相位差为 90 度, 逐行倒相就是指 $V \cos \omega_s t$ 信号相位是逐行倒相, 即

$$\begin{aligned} n \quad \text{行: } & +V \cos \omega_s t \\ (n+1) \quad \text{行: } & -V \cos \omega_s t \\ (n+2) \quad \text{行: } & +V \cos \omega_s t \\ & \dots\dots \end{aligned}$$

3.4.2 TA7698AP 彩色解码电路分析

TA7698AP 是东芝公司开发的 PAL/NTSC 制彩色解码大规模集成电路, TA7698AP 还包括亮度通道、扫描小信号处理功能。下面介绍 TA7698AP 色度解码原理, TA7698AP 解码在东芝两片机 (西湖 54CD6 机) 中的应用如图 3-8 所示。

1. 4.43MHz 带通滤波器

由 C501、C502、L501 组成的 4.43MHz 带通滤波器, 从彩色全电视信号中取出色度信号 C 及色同步信号 C_b , 送入 TA7698AP ⑤脚。

2. ACC 放大

ACC 是自动色饱和度控制的英文缩写, ACC 放大的主要任务是, 对色度信号进行放大, 但其增益大小由 ACC 电压控制。在弱信号接收时, 电路处于高增益状态; 在强信号接收时, 电路增益自动下降, 从而使色度信号幅度保持稳定。

3. ACC 控制

色度信号首先在受 ACC 控制的放大器中放大, 在选通脉冲 BGP 的作用下, 由选通门电路将色度信号 C 与色同步信号 C_b 相互分离。选通脉冲 BGP 由行同步脉冲经 ⑩脚外接 R304、R306、C304 元件形成。色同步信号 C_b 经 ACC 检波及 ⑥脚外接 C504、R504 滤波, 变成 ACC 直流电压去控制色度放大器的增益, 使色度信号幅度稳定。彩色电视信号越强, ⑥脚电压越下降。⑥脚电压经放大后对色度放大电路进行控制。

4. 色度/色同步分离

色度信号与色同步信号虽然频率相同, 但出现的时间不同, 根据此特点就可以实现两者相互分离。分离原理是: 在选通脉冲 BCP 的作用下, 实现色度信号 C 和色同步信号 C_b 的相互分离, 其中 C 信号送往彩色控制电路, C_b 信号送往副载波恢复电路。

所谓选通脉冲就是在行消隐后肩时间内出现的行频脉冲, 选通脉冲由行同步脉冲经 4.35μs 延时后产生。



色同步分离简图如图 3-9 所示,当选通脉冲到达, S1 闭合, S2 断开, S1 开关输出 C_B 信号;当选通脉冲过后, S1 断开, S2 闭合, S2 开关输出 C 信号。

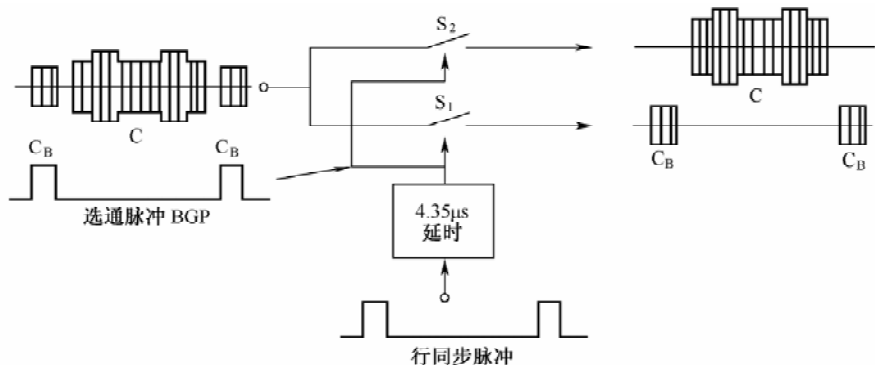


图 3-9 色同步分离简图

5. 彩色控制

分离出来的色度信号 C 送往彩色增益控制电路,彩色控制包括色饱和度、对比度及 ACK 三种控制。⑦为色饱和度控制脚,对于非遥控彩电,由⑦脚外接色饱和度电位器来调整⑧脚输出的色度信号幅度大小,即调整屏幕图像彩色浓淡。当⑦脚电压从 0V 升到 6V,则⑧脚输出的色度信号幅度也增到最大 ($0.4V_{p-p}$),此时屏幕彩色最浓。对于遥控彩电,⑦脚色饱和度控制电压由微处理器提供。⑪脚为对比度控制脚,它对 Y 信号和 C 信号进行同步控制。ACK 控制是一种自动控制,当接收黑白电视信号,或接收彩色电视信号但信号很弱,或 IC 内部副载波恢复电路出现故障时,从消色/识别电路送来的消色电压能自动使⑦脚电压降至 1V 以下,则⑧脚就无色度信号输出。

6. 延时解调电路 C_U 、 $\pm C_V$ 分离

由⑧脚输出的色度信号 C 被分为两路,一路经 X502 超声延时线延时 $63.943\mu s$ 后,再经 C509 耦合,从⑩脚重新输入;另一路经 R506、R509 分压衰减后,由 C510 重新耦合到⑪脚。在⑪、⑩脚内部,延时信号与非延时信号相加减,产生 C_U 、 $\pm C_V$ 信号分别送往 B-Y、R-Y 同步解调器。这就是 PAL 制的延时解调 $C_U/\pm C_V$ 分离电路。R551 为延时信号幅度调整,调整 R551 使⑪、⑩脚输入的色度信号幅度相等。L551 为延时信号相位调整,以补偿 X502 的延时误差。

延时解调电路的任务是实现 C_U 、 $\pm C_V$ 两个色度分量的相互分离。延时解调电路原理由表 3-2 说明。由于 $\tau=63.943\mu s$,则延时前后的 $4.43MHz$ 副载波互为反相,于是有表 3-2 所示的输入/输出关系。当加、减法器将直通信号与上一行经延时反相后的信号相加减后,加法器输出 $\pm 2C_V$ 信号,减法器输出 $2C_U$ 信号。

表 3-2 梳状滤波器输入/输出关系

	n 行	(n+1) 行	(n+2) 行	(n+3) 行	(n+4) 行
$u_{直}$	C_U+C_V	C_U-C_V	C_U+C_V	C_U-C_V	C_U+C_V
$u_{延}$	$-C_U+C_V$	$-C_U-C_V$	$-C_U+C_V$	$-C_U-C_V$	$-C_U+C_V$
u_+	$2C_V$	$-2C_V$	$2C_V$	$-2C_V$	$2C_V$
u_-	$2C_U$	$2C_U$	$2C_U$	$2C_U$	$2C_U$



7. R-Y、B-Y同步解调

B-Y 同步解调器的任务是,从 C_U 平衡调幅波中解调出 B-Y 色差信号,并完成去压缩 (0.493) 处理。要求送往 B-Y 同步解调器的 0° 基准副载波与 C_U 信号中的副载波严格同步。

R-Y 同步解调器的任务是,从 $\pm C_V$ 逐行倒相平衡调幅波中解调出 R-Y 色差信号,并完成去压缩 (0.877) 处理。要求送往 R-Y 同步解调器的 $\pm 90^\circ$ 基准副载波与 $\pm C_V$ 信号中的副载波严格同步。

8. G-Y矩阵

G-Y 矩阵电路的任务是,根据 $G-Y = -0.51(R-Y) - 0.19(B-Y)$ 公式,将 R-Y 信号与 B-Y 信号混合成 G-Y 信号输出。

9. 4.43MHz压控振荡

为了从 C_U 、 $\pm C_V$ 平衡调幅信号中解调出 B-Y、R-Y 色差信号,需要向两个解调器送入 0° 、 $\pm 90^\circ$ 基准副载波。基准副载波由 4.43MHz 压控振荡器 (VCO) 产生,振荡信号从⑬脚输出,经 R515、C516、R516、X501 选频后正反馈到⑮脚,并再经 R514、C517 滞后移相 45° 后从⑭脚输入,此输入主要用于 APC 控制。压控振荡器的频率与相位受到 APC 电压控制。用示波器观察⑬脚波形,应有 $1.6V_{P-P}$ 副载波信号,⑮脚应有 $0.2V_{P-P}$ 副载波信号。

10. 自动相位控制APC

APC 的含义是自动相位控制,APC 是一个相位比较电路,APC 将压控振荡信号与色同步信号进行相位比较,并产生相位比较误差电压,由⑩、⑱脚外接的 C518、C519、C520、R522 对相位比较误差电压进行双时间常数低通滤波,以形成 APC 直流控制电压对压控振荡器进行控制。当振荡频率与相位正确时, $V_{16} = V_{18}$, 即 APC 直流控制电压为零;当振荡频率与相位有误差时, $V_{16} \neq V_{18}$, 即 APC 直流控制电压不为零。由于 APC 对压控振荡器的频率捕捉范围有限,要求振荡器的自由振荡频率要基本准确,为此设立了 R522 振荡频率调整电位器,调整 R522 可人为地改变⑩、⑱脚之间的差动电压,从而改变振荡频率。

11. 双稳态与PAL开关

VCO 给 B-Y 同步解调器送入 0° 副载波,并给 PAL 开关送入 90° 副载波。PAL 开关的作用是将 90° 变换成 $\pm 90^\circ$, PAL 开关变换的实质就是将一个半周期为 $64\mu s$ 的方波与 90° 副载波进行相乘,而方波又来自于双稳态触发器,双稳态触发器由周期为 $64\mu s$ 的脉冲触发。由此可见, PAL 开关输出的 $\pm 90^\circ$ 副载波的正、负极性取决于方波极性。由于开机时双稳态触发器输出的方波的极性具有随机性,因此要对 $\pm 90^\circ$ 副载波的正、负极性进行识别控制。

12. 识别/消色检波与控制

识别与消色共用一个检波器。识别/消色检波器实质上是一个相位比较器, $\pm 90^\circ$ 副载波与 $\pm 135^\circ$ 色同步信号在识别/消色检波器中进行相位比较,若两者频率相同、相位相同、正、负极性也一致,则表示彩色电视信号接收正常,则⑫脚滤波后为 9V 以上高电平电压,此时 ACK 不消色,识别放大不对双稳态触发器进行纠错控制。若两者频率相同、相位相同,但正、负极性不一致,则⑫脚滤波后为低电平电压,此时不但 ACK 消色,识别放大立即对双稳态触发器进行纠错控制 (如增加一次状态翻转),从而确保了送到 R-Y 解调器的 $\pm 90^\circ$ 副载波的



正、负极性正确。若接收黑白电视信号（没有色同步信号）、或接收微弱彩色电视信号（色同步信号幅度过小）、或副载波电路出现故障（如色同步信号丢失、VCO 停振、APC 故障等），则识别/消色检波器滤波后的⑫脚电压为 6.4V 左右，此时 ACK 消色被启动，屏幕为黑白图像。ACK 消色不但使⑦脚色饱和度控制电压降至 1V 以下，而且也切断⑬脚、⑮脚的输入信号。

由此可见，识别/消色检波是彩色解码中的重要电路。它保证送到同步解调器的 4.43MHz 基准副载波的正、负极性正确，而频率与相位是否正确由 APC 电路来保证。

3.4.3 无彩色故障检修

在电视机中，解码电路常见故障现象是图像无彩色，即只有黑白图像。检修解码电路的前提是黑白图像正常。TA7698AP 解码电路无彩色故障的检修很有技巧，下面通过几个故障检修实例来说明检修技巧。

故障一：黑白图像清晰，画面无彩色。

分析：测 TA7698AP⑫脚：正常 9V，实测 6.5V，说明 ACK 动作。在⑫脚与②脚（电源脚）之间跨接 20kΩ电阻，使⑫脚电压上升到 9V，强行打开色通道，仍无彩色。

原因：⑤脚无色度信号输入或色度信号输入太弱；4.43MHz 副载波停振。因为当⑤脚无色度信号输入或 4.43MHz 副载波停振时，强行打开色通道也无济于事。

检修：怎样判断⑤脚有没有色度信号输入？用示波器测量波形最直观，若无示波器，可采用间接测量法，即测量⑥脚 ACC 滤波电压，有信号约为 8.3V，无信号约为 9.4V。实测不管有无信号，均为 8.9V，说明⑤脚没有色度信号输入，再测⑤脚电压仅为 0.1V（正常为 1V），查 C502 漏电。

故障二：黑白图像清晰，画面无彩色。

分析：测 TA7698AP⑫脚为 6.3V，⑦脚电压为 1.25V，说明 ACK 已经动作。在⑫脚与②脚之间跨接一只 20kΩ电阻，强行打开色通道，仍无彩色。

原因：与故障一相同。

检修：测⑥脚无信号时为 8.9V，有信号时下降约为 0.15V，说明⑤脚色度信号输入正常，最后确定 4.43MHz 副载波停振，更换晶体 Z501 后恢复正常。

技巧：副载波停振判别，用镊子钳将晶体 Z501 短路一下，在短路瞬间⑬脚电压应有微小变化，说明起振。若万用表指针丝毫不动，则停振无疑。

故障三：黑白图像清晰，画面无彩色。

分析与检修：根据故障二方法，判为 4.43MHz 副载波停振。更换 TA7698AP 后正常。测 TA7698AP 副载波停振⑬脚、⑭脚、⑮脚电压电阻如表 3-3 所示。

表 3-3 TA7698AP 副载波振荡引脚测试

引脚号	电 压 测 量		电 阻 测 量	
	正 常 机	故 障 机	正 常 机	故 障 机
⑬	9.5V	8.5V	7/7.5kΩ	0.5/0.5kΩ（疑问）
⑭	3.4V	2.6V	8.8/7.5kΩ	8.8/7.5kΩ
⑮	3.4V	2.6V	8.8/7.5kΩ	8.8/7.5kΩ



故障四：黑白图像清晰，画面无彩色。

分析：测 TA7698AP⑫脚为 6.5V，⑦脚为 1.2V，说明 ACK 动作。在⑫脚与②脚之间跨接一只 20k Ω 电阻，出现彩色，但色淡，并出现移动彩色条纹，如图 3-10 所示。

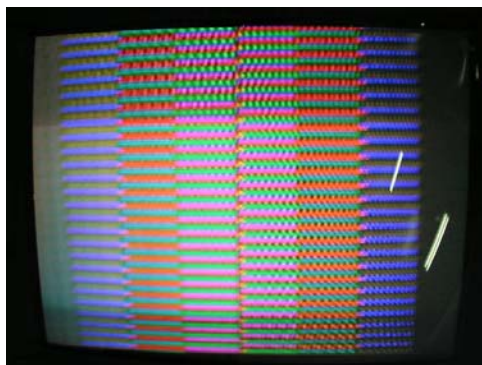


图 3-10 彩色不稳定（移动条纹）的图像

原因：自由振频偏离 4.43MHz 太远；APC 有故障；色同步信号没有（如③⑥脚元件 C304、R306、R304 开路；⑨脚 C511 击穿；⑩脚 C512 击穿）。

检修：再测 APC 滤波引脚⑬与⑱引脚电压，正常时两脚电压应相等，实测⑬脚电压为 8V，⑱脚电压为 7.4V，再查⑱脚电压偏低的原因是 R519 开路，更换 R519 后彩色恢复正常。

故障五：强信号彩色正常，弱信号无彩色，黑白图像正常。

分析：因黑白正常，说明信号并不弱。

原因：ACK 起控点太早；副载波偏离 4.43MHz 较大，处于 APC 捕捉范围边缘。

检修：测无信号时⑬与⑱脚电压均为 9.2V；有信号时⑬脚为 8.1V，⑱脚为 8.2V，且表棒碰触⑱脚就正常，重调 RP552，故障排除。

注意：为什么表棒碰触⑱脚就正常？因为万用表电压挡内阻不很大，当表棒搭在⑱脚时，使⑱脚电压下降到与⑬脚接近。

故障六：切换频道后有时无彩色，有时有彩色。

分析：因黑白正常，说明信号并不弱。

原因：APC 捕捉范围太窄；副载波偏离 4.43MHz 较大；③⑥脚色同步选通脉冲形成元件不良。

检修：测⑫脚电压为 7.5V，在⑫脚与②脚之间跨接一只 20k Ω 电阻，出现如图 3-10 所示的上下慢移彩色条纹。测⑬脚电压为 8.8V，⑱脚电压为 8.5V，且表棒碰触⑬脚就正常，查电阻正常，查 C519 漏电，更换后正常。

故障七：黑白清晰无彩色。

分析与检修：测⑫脚电压为 9.1V，说明 ACK 不动作，即⑤脚输入正常，副载波正常。测⑦脚电压应随彩色调整在 4~8.5V 变化，实测为 3.2V，查 C506 漏电。

故障八：黑白清晰无彩色。

分析与检修：测⑫脚电压为 6.4V，说明 ACK 动作，但在⑫与②脚之间跨接 20k Ω 电阻，彩色恢复正常，这说明⑫脚本身有问题。查 C514 漏电。若 C514 好，那么就是 TA7698AP 内



部有问题。

通过以上无彩色故障检修实例，无彩色故障检修技巧小结如表 3-4 所示。

表 3-4 无彩色故障检修技巧小结

测 试	分 析	原 因
测⑫脚 6.5V、⑦脚 1V	在⑫脚与②脚之间跨接 20kΩ电阻，使⑫脚电压上升到 9V，强行打开色通道	⑤脚无输入；副载波停振
	出现上下移动条纹	副振波偏离 4.43 太多；APC 滤波不良；⑨脚、⑩脚外部电容击穿，无色同步信号；③⑥脚色同步脉冲形成元件不良
	彩色正常	⑫脚滤波或内部本身故障
测⑫脚 6V，⑦脚 6V	矛盾，TA7698AP 坏	
测⑫脚 9V，⑦脚 1V	⑦脚外接元件有问题	
测⑫脚 9V，⑦脚 6V	查⑧输出，查⑪、⑬~⑮脚输入、输出电路	

3.4.4 “百叶窗效应”故障检修

彩色电视机在接收电视节目时，屏幕画面上出现垂直方向上的一明一暗间隔均匀的水平细条，光栅扫描线变粗。并且接收标准彩条信号时，故障现象更明显，各彩条交界处色调不明显，严重时出现串色，这种现象称为“百叶窗效应”，又称彩色爬行，如图 3-11 所示。



图 3-11 图像中的“百叶窗效应”

图像“百叶窗效应”故障原因是延时解调电路，如 R551 调整不良，使延时信号与直通信号幅度不相等。又如 L551 调整不良，使延时线的延时误差补偿不良。又如当 C510 开路，则直通信号丢失，将有百叶窗效应产生。这是因为直通信号丢失后，只有延时信号，延时解调不工作，但同步检波电路仍能从延时信号检出色差信号，所以图像仍有彩色，但质量下降。

任务 3-5 行扫描电路故障检修

扫描电路是电视机及计算机显示器中的重要电路，其作用是使显像管中的电子束对荧光屏进行扫描，它包括行扫描电路和场扫描电路，行扫描是水平方向的扫描，场扫描是垂直方向的扫描。



1. 学习目标

最终目标：能检修行扫描电路故障。

促成目标：1) 熟悉电视机行扫描技术规格、电路结构与工作原理；

2) 熟悉行扫描锯齿波电流形成过程；

3) 熟悉高压形成过程；

4) 能测试行扫描电路电压与波形；

5) 掌握行扫描电路故障检修技巧；

6) 能对行扫描电路进行故障检修，找出损坏元器件。

2. 活动设计

活动内容：

以东芝 TA 两片机为例，活动设计如下：

1) 用万用表测试行推动放大管、行输出放大管引脚的直流电压，用示波器测试行振荡、行推动放大管、行输出放大管及行输出变压器有关引脚波形；

2) 在行扫描电路中设置一个故障，要求采用电压测量法、电阻测量法找出故障元件，排除故障。

工具准备：TA 两片电视机、万用表、电烙铁、示波器等。

时间安排：90 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中测试占 30%，排除故障占 50%，检修报告占 20%。

扣分标准：①在测试及检修过程中，每犯 1 次检修错误扣 10 分；②每超时 10 分钟扣 10 分；③每要求教师提示 1 次扣 10 分；④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

完成此工作任务，需要了解行扫描电路组成，了解行扫描锯齿波电流形成过程及行扫描失真补偿方法，熟悉一个典型的行扫描电路，掌握行扫描电路故障检修方法与技巧。

3.5.1 行扫描电路概述

行扫描电路的任务主要有两个方面：一是为行偏转线圈提供幅度足够、线性良好、频率为 15625Hz 的锯齿波扫描电流，以产生均匀变化的行偏转磁场，使显像管中的电子束沿水平方向做匀速扫描运动；二是为显像管提供加速极电压（400~800V）、聚焦极电压（4000~8000V）、阳极高压（25000V 以上），为视放输出级提供工作电压（约 200V），为其他小信号处理电路提供各种电压（8~30V）。

行扫描锯齿波电流波形如图 3-12 所示，规定周期为 64μs，其中 52μs 是行正程扫描，即电流从 a 变化到 c，电子束将从屏幕左边扫描到右边；12μs 是行逆程扫描，即电流从 c 变化到 e，电子束将从屏幕右边回到左边。

行扫描电路组成框图如图 3-13 所示。它主要由行振荡、行激励、行输出及中高压形成等电路组成。

行振荡电路是行扫描的信号源，其任务是产生频率为 15625Hz、脉冲宽度为 20μs 的脉冲波。行振荡器都采用电压控制振荡器，其英文缩写为 VCO，这种振荡器的频率与相位受 AFC

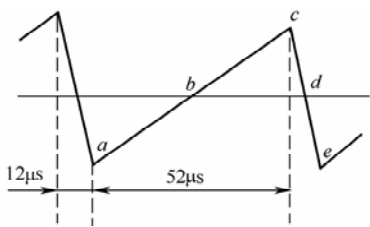


图 3-12 行扫描锯齿波电流波形

电路输出的电压控制。行激励电路又称行推动电路，其任务是将行振荡电路输出的行脉冲信号进行放大并输出足够的功率，使行输出管工作在开关状态。行输出电路的功能是产生线性良好、幅度足够的锯齿波电流给行偏转线圈，并产生行逆程脉冲。高、中压电路产生显像管加速极、聚焦极、阳极等需要的各种电压。

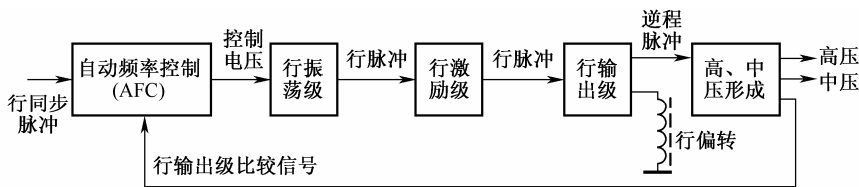


图 3-13 行扫描电路组成框图

3.5.2 行锯齿波电流形成过程

行输出电路原理图如图 3-14 所示。VT 是大功率行输出管， L_Y 是行偏转线圈，VD 是阻尼二极管，C 是逆程电容， E_C 为供电电压。

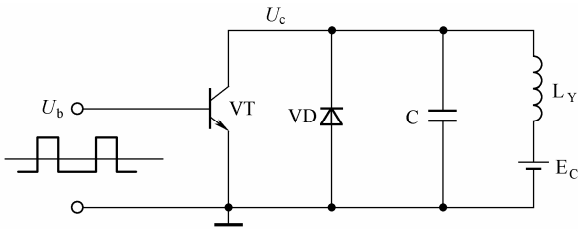


图 3-14 行输出电路原理图

行输出电路的锯齿波电流是在行矩形脉冲电压作用下形成的，如图 3-15 所示。下面分析锯齿波电流的形成过程。

1. 正程右半程

在 $t_1 \sim t_2$ 期间，VT 基极加正脉冲电压，VT 饱和导通，相当于开关 S 接通，电源 E_C 直接加到 L_Y 两端， L_Y 流过电流 i_Y ，如图 3-15 (a) 所示。由于 L_Y 中的电流不能突变，若忽略 VT 的饱和压降和 L_Y 的电阻分量，则 i_Y 线性地增大。在 t_2 时刻 i_Y 达到最大值。在 $t_1 \sim t_2$ 期间，电子束在行偏转线圈磁场作用下，从屏幕中心扫描到最右端。

2. 逆程右半程

在 $t_2 \sim t_3$ 期间，VT 基极变为负脉冲，VT 反偏截止，相当于开关 S 断开，如图 3-15 (b)



所示。由于 L_Y 中的电流不能突变, i_Y 将保持原方向流动给 C 充电, L_Y 中的磁场能转换为 C_Y 上的电场能, 形成自由振荡, C_Y 上的电压 V_c 上升, i_Y 逐渐减小。在 t_3 时刻, U_c 升到最大值, i_Y 减小到零。 $t_2 \sim t_3$ 是 L_Y 、 C 回路自由振荡的四分之一周期, i_Y 和 U_c 分别按余弦规律和正弦规律变化。在 $t_2 \sim t_3$ 期间, 电子束从屏幕最右端回扫到中心。

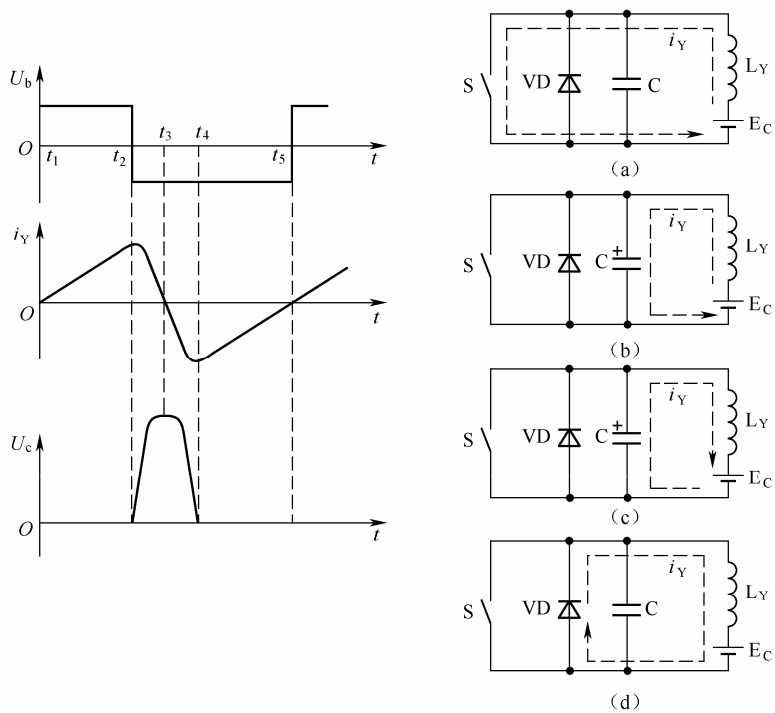


图 3-15 行偏转线圈锯齿波电流形成过程

3. 逆程左半程

在 $t_3 \sim t_4$ 期间, VT 继续反偏截止, 如图 3-15 (c) 所示。C 通过 L_Y 放电, 使 L_Y 中的电流 i_Y 改变方向, C 中的电场能又转换为 L_Y 中的磁场能, 形成另一个 L_Y 、 C 回路自由振荡的四分之一周期。在 t_4 时刻, U_c 减小到零, i_Y 反方向增至最大。在 $t_3 \sim t_4$ 期间, 电子束从屏幕中心回扫到最左端。

4. 正程左半程

在 $t_4 \sim t_5$ 期间, VT 继续反偏截止。由于 L_Y 中的 i_Y 不能突变, i_Y 将对 C 反向充电。当 C 所充的下正上负电压达到 0.7V 左右时, VD 导通, L_Y 、 C 自由振荡受阻, i_Y 经 VD 流通并线性地减小, 在 t_5 时刻, i_Y 减小至零, 如图 3-15 (d) 所示。在 $t_4 \sim t_5$ 期间, 电子束从屏幕最左端正程扫描到中心。

在 t_5 时刻, VT 基极加正脉冲再次导通, 于是将重复以上 4 个过程, L_Y 中形成了周期性变化的锯齿波电流 i_Y 。由上述分析可知, 行逆程时间就是 L_Y 、 C 自由振荡的半个周期, 即

$$T_r = \pi \sqrt{L_Y C}$$

由于偏转线圈电感量 L_Y 固定, 因此改变逆程电容 C 的大小, 即可改变逆程时间 T_r , C



容量的选择必须确保 T_r 为 $12\mu\text{s}$ 。

在逆程扫描期间, VT 集电极将产生由 i_Y 对 C 充电形成的幅度很大的脉冲, 称为行逆程脉冲 U_{cp} 。 U_{cp} 的大小与 C 的容量大小成反比, 即 C 越小 U_{cp} 越大。通常情况下, $U_{cp} \approx (8 \sim 10)E_C$ 。

3.5.3 行扫描失真及补偿方法

1. 正程左半程非线性失真及补偿方法

正程左半程锯齿波电流是由阻尼管 VD 导通而产生的。当忽略阻尼管正向电阻及偏转线圈电阻时, 锯齿波电流才呈线性减小。而实际上, 由于阻尼管正向电阻的大小与其导通程度有关, 电流大时电阻小、电流小时电阻大, 加上偏转线圈也存在电阻, 因此在扫描正程左半程末端, 扫描电流的变化率减小, 图像被压缩, 如图 3-16 所示。

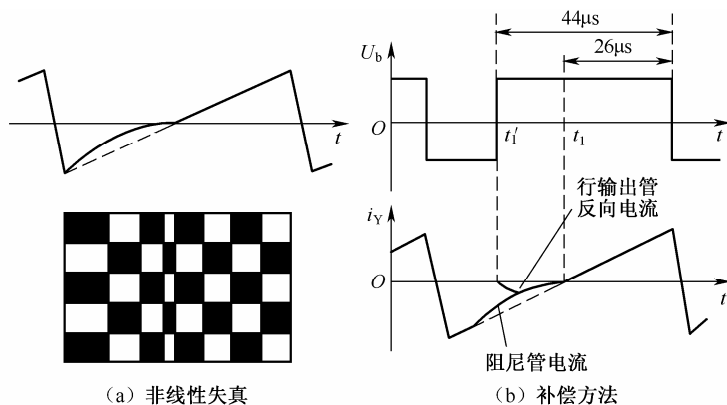


图 3-16 正程左半程非线性失真及补偿方法

为了补偿失真, 通常使行输出管提前反向导通, 即 VT 导通时间从 t_1 提前到 t_1' 。为满足此要求, 加到 VT 基极的正脉冲宽度应从 $26\mu\text{s}$ 增加到 $44\mu\text{s}$ 。在 $t_1' \sim t_1$ 期间, VT 反向导通产生负向电流, 此电流与阻尼管 VD 电流相加后可补偿所产生的非线性失真。

2. 正程右半程非线性失真及补偿方法

正程右半程锯齿波电流是由行输出管饱和导通而产生的。当忽略偏转线圈电阻和 VT 饱和电阻时, i_Y 才是线性增大的。而实际上, 偏转线圈存在电阻, VT 饱和时 c-e 极间也存在电阻, 这样当右半程扫描电流增大时, 电阻 R 上的压降也增大, 使 L_Y 上的电压 $(E_C - i_Y R)$ 减小, 于是扫描电流将按指数规律增大, 即

$$i_Y = \frac{E_C}{R} (1 - e^{-t/\tau}), \tau = \frac{L_T}{R}$$

显然, 当电子束扫描到右半程末端时, i_Y 的增长速度减慢, 使图像右边被压缩, 如图 3-17 所示。

为了补偿这种失真, 通常在行偏转线圈支路中串联一只易磁饱和行线性校正线圈 L_T , 如图 3-17 所示, 它是在 I 字形铁氧体磁芯中绕几十匝线圈而制成。在正程右半程扫描中, 当 i_Y 比较小时, L_T 未饱和, L_T 电感量为常数; 当 i_Y 增大到一定值时, L_T 发生饱和, L_T 电感量下

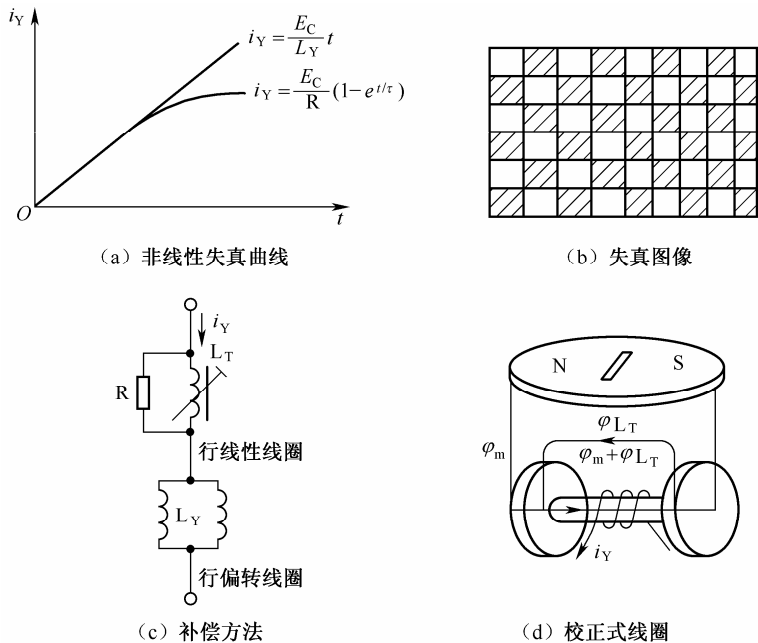


图 3-17 正程右半程非线性失真及补偿方法

降，使偏转线圈中的 i_Y 增大速度快一些，从而达到图像右边压缩的补偿目的。在 L_T 上方有一个扁型永久磁铁，调节此磁铁的位置，可调节磁饱和和起控点，以达到最佳补偿效果。

3. 显像管延伸性失真及补偿方法

由于显像管荧光屏曲率半径远大于电子束偏转半径，使电子束的偏转中心到荧光屏距离不一致。为此，虽然电子束的偏转角速度是均匀的，但在荧光屏上扫描过的距离却并不相等，将引起图像两边伸长的失真，如图 3-18 所示，这种失真称为延伸性失真。

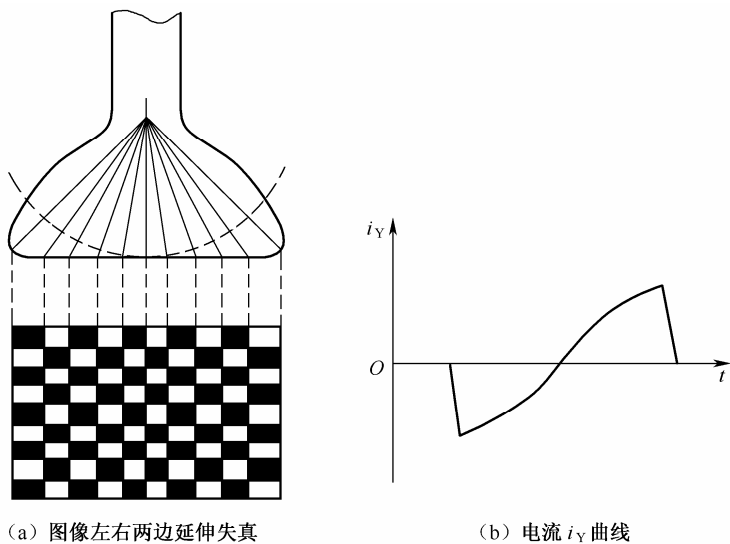


图 3-18 显像管延伸性失真及补偿方法



为了补偿这种失真,通常在行偏转线圈支路中串接一只 S 校正电容 C_S 。 C_S 同时还起两方面的作用:一是隔直流,使偏转线圈中无直流电流通过;二是充当电源,开机后 C_S 两端充有电源电压值, C_S 容量较大, C_S 在工作过程中两端电压值变化不大。

在正程扫描期间,不论是 VT 导通还是 VD 导通, L_Y 与 C_S 构成自由振荡回路,电流的曲线呈正弦形,若自由振荡周期 $T_S = 2\pi\sqrt{L_Y C_S}$ 大于正程扫描时间,则在正程扫描时间内仅采用这个正弦形电流的一部分,这部分又称为 S 形扫描电流,从而使正程扫描左右两端的电流变化减慢,达到延伸性失真补偿目的。 C_S 容量越大, T_S 越长,补偿效果越弱。 C_S 容量小些,补偿效果较明显。

3.5.4 行扫描电路分析

目前行扫描电路除行输出级外基本上采用集成电路,现以东芝 TA 两片机 TA7698AP 集成电路为例进行分析。TA7698AP 行扫描小信号电路如图 3-19 所示。

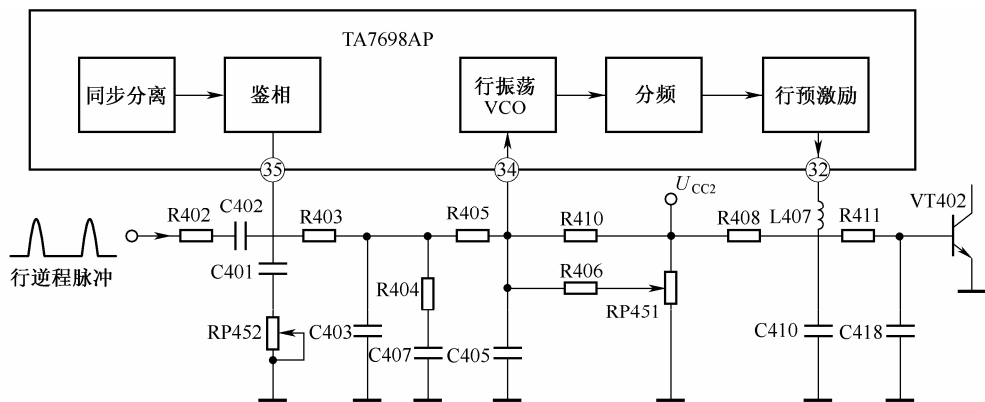


图 3-19 TA7698AP 行扫描小信号电路

1. 行 AFC 电路

在图 3-19 中,行逆程脉冲经由 R402、C402、C401、RP452 组成的积分电路变换,变成负向锯齿波作用于③脚。在 TA7698AP 内部集成电路中,来自同步分离电路的负极性行同步脉冲加至鉴相器,鉴相器比较行同步脉冲与锯齿波的相位关系,产生与两者相位差相对应的误差电压,通过由 R403、C403、R404、C407 组成的双时间常数低通滤波器变为 AFC 直流控制电压,经 R405 送至④脚,对行振荡 VCO 电路进行控制。

如果行振荡频率偏高,AFC 电路输出的直流误差电压为负值,使行振荡频率降低,直到准确为止。反之若行振荡频率偏低,则 AFC 电路输出的直流误差电压为正值,使行振荡频率上升,直到准确为止。

2. 行振荡电路

由 TA7698AP 内电路及④脚外接元件组成行振荡电路,其中 C405 为行振荡定时器电容, R406、R410 和 RP451 为电容 C405 的充电电阻。调节 RP451 可改变 C405 的充电时间常数,从而实现行频调整目的。振荡频率为两倍的行频 $2f_H$,即 31250Hz。

由于行振荡器输出的频率为 $2f_H$,必须对其进行二分频以获取行频信号。为此,在



TA7698AP 内电路中, 由双稳态触发器组成的分频电路, 将分频后的行频脉冲波送至行预激励电路。

3. 行激励电路

如图 3-20 所示, 在 TA7698AP 内部, 行频脉冲波经行预激励电路放大后, 由③脚输出, 通过 L407、C410 高频干扰滤波, 经 R411 加至行激励管 VT402 进行放大。当行振荡脉冲波的正脉冲到达时, VT402 饱和导通, 电流流过变压器 T401 的初级绕组, 产生上负下正的感应电势。根据 T401 的初次级绕组同名端关系, T401 的次级绕组产生上负下正的感应电势, 此时 VT404 反偏截止, 截止时间为 $20\mu\text{s}$ 。当正脉冲过去后, VT402 截止, T401 的初次级绕组都产生上正下负的感应电势, VT404 将饱和导通, 导通时间为 $44\mu\text{s}$ 。在导通、截止交替瞬间, 在行推动管 VT402 的集电极会出现 2~3 倍于电源电压的脉冲, 所以行推动管的 BV_{CEO} 要取得大一些, 并接上 C416 以吸收集电极高压。VT402 基极的 C418 用于吸收行频高次谐波, R416 的大小决定了 VT402 的输出幅度。

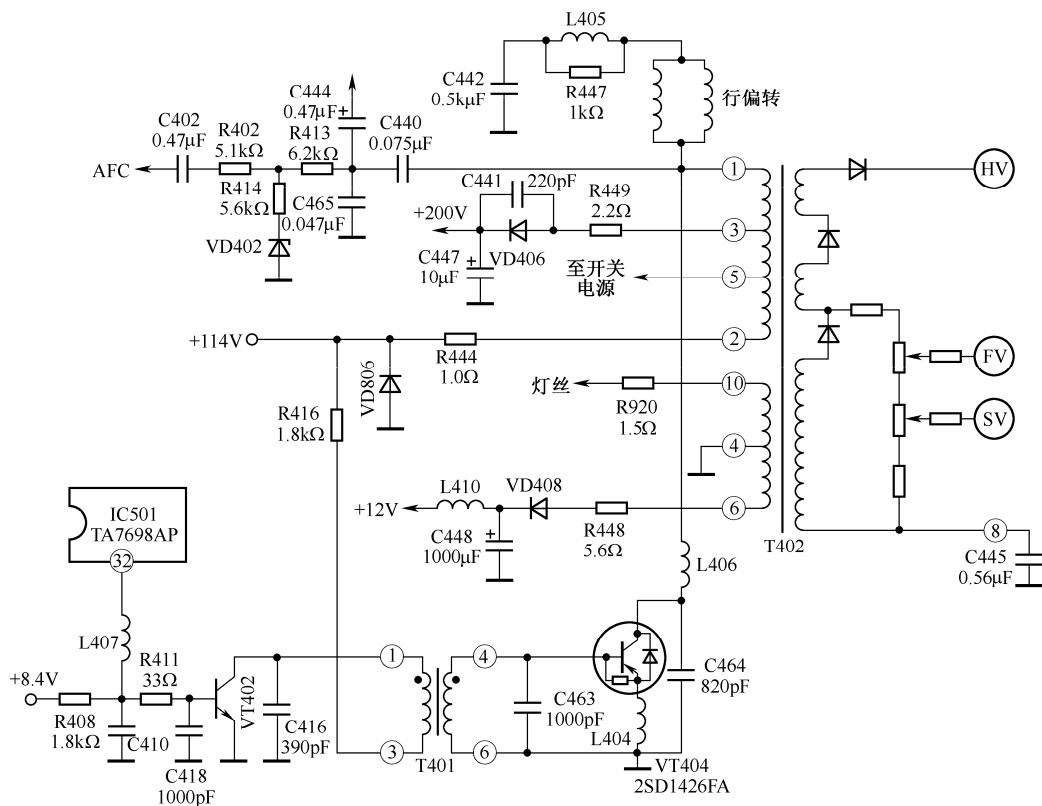


图 3-20 东芝 TA 两片机行输出电路与中高压形成电路

4. 行输出电路与中高压形成电路

行输出电路与中高压形成电路如图 3-20 所示。图中 VT404 为行输出管、内有阻尼二极管, C463、C464 为保护小电容, 可吸收 VT404 电极上的尖脉冲。L404、L406 为保护小电感, 可延缓浪涌电流对 VT404 的冲击。C440、C445 为逆程电容, T401 为行激励变压器, T402



为行输出变压器, L405 为行线性校正元件, C442 为 S 校正电容。

行输出变压器 T402 采用一体化技术。它将行输出变压器各绕组线圈、高压整流二极管及相关电阻、电容总装在一起, 并用环氧树脂灌封成形。这种行输出变压器性能稳定、体积小、重量轻、安装使用方便, 因此被广泛应用。

由图可知, 行输出变压器一般有几个次级绕组, 对行逆程脉冲进行升压或降压, 以满足电路及显像管工作的各种需要。一般有以下几种:

- 1) 显像管阳极高压 HV。由行输出变压器高压绕组把行逆程脉冲电压升高到一定数值, 经整流或分段整流电路而产生, 通常在 25kV 以上。
- 2) 显像管聚焦极电压 FV。由行输出变压器高压绕组对升压后的行逆程脉冲进行整流产生, 通常为 8kV 左右, 其大小可根据实际情况加以调节。
- 3) 显像管加速极电压 SV。由行输出变压器高压绕组对升压后的行逆程脉冲进行整流产生, 一般为 800V 左右, 其大小也可根据实际情况进行调节。
- 4) 显像管灯丝电压。由行输出变压器低压绕组⑩脚提供, 一般为 $25V_{p-p}$ 左右的行逆程脉冲, 其有效值为 6.3V 左右。
- 5) 12V 供电电压。由行输出变压器低压绕组⑥脚提供正行逆程脉冲, 经 VD408、C448 整流滤波后产生。所产生的 12V 直流电压给高频调谐器、中放、解码器、扫描前级等电路供电。
- 6) 基色矩阵电路 200V 供电电压。由行输出变压器初级电压, 以自耦变压器方式, 从③脚取出一部分行逆程脉冲电压, 经 VD406、C447 整流滤波后产生 200V 电压。

除上述各种供电外, 行输出变压器还提供行消隐信号、AFC 电路行同步比较信号、开关电源控制信号等多种用途的行逆程脉冲信号。

3.5.5 行扫描电路故障检修

在电视机中, 由于行扫描电路电流大、电压高, 所以故障率很高。

1. 如何判断行扫描电路工作状态

行输出变压器产生各种电压, 如 200V、12V 等。通过测量这些电压, 可判断行扫描电路正常与否。只要有一路电压正常, 便可判断行扫描电路正常; 如果各路次级电压都不正常, 则行扫描电路肯定存在故障。

2. 对行输出管的检查

检测行输出管 b-e 结电压可判断故障在行输出级还是在其前面的电路。b-e 结电压通常是零点几伏的负电压, 所以要仔细测量。如果 b-e 结电压为负电压, 说明行输出管以前的电路基本正常, 如果 b-e 结无电压, 说明前面电路未提供激励脉冲或行管 b-e 结击穿。

行输出管集电极电压一定要测量。114V 电压经 R444、T402②、①绕组、L406 加到行输出管集电极。若行输出管集电极没有电压, 通常是熔丝电阻 R444 开路。

3. 对行激励级的检查

行激励管正常工作时, b-e 结偏压为 0.4V。偏压正常说明行振荡电路输出正常的行频脉冲信号; 偏压太小或无偏压说明行振荡电路工作异常或行激励管发射结击穿; 偏压超过 0.75V



则使行激励管饱和导通，会使其集电极电压为 0V。

行激励管 VT402 集电极是一个重要测试点，若集电极电压为 0V，可能是 VT402 处于饱和状态，也可能是 VT402 的 c-e 结击穿，还可能是集电极电阻 R416 开路。若集电极电压接近于供电电压 114V，则表明 VT402 处于截止状态。

行激励变压器 T401 的常见故障是内部绕组局部短路，可用万用表测量绕组的电阻值，并与正常机进行比较，才能得出结果。

4. 对行振荡电路的检查

可用示波器观察 TA7698AP 的③脚行振荡波形，若波形正常，则说明行振荡电路工作正常。若没有波形，说明行振荡电路停振，再接着检查③脚外接 RC 元件，并检查行振荡供电③脚（见附图 A）是否有电压。

5. 行输出管损坏原因分析

由于行输出管集电极有近千伏的行逆程脉冲，电流又很大，因此极易击穿或发热烧坏。

当行电源电压升高、行频过高、行逆程电容失效或容量减小时，都将会引起行逆程脉冲上升。当行逆程脉冲超过行输出管的耐压时，便会导致行输出管电压击穿损坏。行输出管电压击穿的特点是：开机时随着“叭”的一声，行输出管便击穿或开机时高压嘴处有异常的放电声，检测行输出管的 c-e 结电阻几乎为 0。

当行激励不足、行负载过重、行频过低时，都将会引起行输出管功耗增大。当行输出管功耗超过最大允许值时，行输出管将严重发热而被电流击穿损坏。行输出管电流击穿的特点是：开机几分钟后行管的温度上升较快，测行输出管 c-e 结的阻值一般为几十欧至几十千欧。

更换合格的新行输出管后，先在 114V 供电与地之间并联一只稳压值比 B 略高约 5V、功率为 1W 的稳压管，再在行输出管集电极串联一只 500mA 的熔丝后开机。若故障排除，则说明行输出管损坏原因是行输出管本身质量问题。若再次出现行扫描不工作，则会有以下三种情况：

1) 稳压管击穿，但熔丝、行输出管均完好。说明原行输出管击穿是 114V 供电电压过高所致，此供电电压来自开关电源，应重点检查开关电源电路。

2) 稳压管未击穿，但熔丝熔断、而行输出管无损。表明原行管损坏是过流所致，行负载存在短路或行频偏低的情况，可在行输出管串联一只电流表，若行电流在 500~600mA，一般为行频偏低，此时还可听到极细的行频声，应检查行频定时元件；若行电流大于 1A，说明行偏转线圈、行输出变压器或行输出变压器负载存在短路故障。此时可先断开行偏转线圈，若行电流降为 300mA 以下，说明行偏转线圈短路；若无明显减小，则故障点在行输出变压器或行输出负载有短路。

3) 稳压管未击穿，但熔丝、行输出管均损坏。这显然是行输出管先损坏、过流，再将熔丝熔断。属于行逆程脉冲过高，或行激励不足而导致行管损坏。

6. 行输出变压器损坏原因分析

行输出变压器也是易损坏元件，因为它要产生 25kV 以上的高压 HV，行输出变压器的故障检修方法已在项目 2 中介绍，此处不再重复。



任务 3-6 场扫描电路故障检修

场扫描电路也是电视机及计算机显示器中的重要电路，其作用是使显像管中的电子束对荧光屏进行垂直方向扫描。场扫描电路结构与行扫描电路类似，但工作方式截然不同。

1. 学习目标

最终目标：能检修场扫描电路故障。

促成目标：1) 熟悉电视机场扫描技术规格、电路结构与工作原理；

2) 熟悉场扫描锯齿波电流形成过程；

3) 能测试场扫描电路电压与波形；

4) 能对场扫描电路进行幅度、线性等调整；

5) 掌握场扫描电路故障检修技巧；

6) 能对场扫描电路进行故障检修，找出损坏元器件。

2. 活动设计

活动内容：

以东芝 TA 两片机（见附图 A）为例，活动设计如下：

1) 测试 TA7698AP 场扫描小信号处理引脚电压、场推动与场输出级有关电压；测试 TA7698AP 场扫描小信号处理引脚波形、场推动与场输出级有关波形；

2) 在场扫描电路中设置一个故障，要求采用电压测量法、电阻测量法找出故障元件，排除故障。

工具准备：TA 两片电视机、万用表、电烙铁、示波器等。

时间安排：90 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中测试占 30%，排除故障占 50%，检修报告占 20%。

扣分标准：①在测试及检修过程中，每犯 1 次检修错误扣 10 分；②每超时 10 分钟扣 10 分；③每要求教师提示 1 次扣 10 分；④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

完成此工作任务，需要了解场扫描电路组成，熟悉一个场扫描典型电路，掌握场扫描电路故障检修方法与技巧。

3.6.1 场扫描电路概述

场扫描电路的任务主要有两个方面：一是为场偏转线圈提供幅度足够、线性良好、频率为 50Hz 的锯齿波扫描电流，以产生均匀变化的场偏转磁场，使显像管中的电子束沿垂直方向作匀速扫描运动；二是为显像管阴极提供场消隐脉冲，以消除垂直扫描回扫线。

场扫描锯齿波电流波形如图 3-21 所示，规定周期为 20ms，其中 18.388ms 是场正程扫描，即电子束将从屏幕上方扫描到下方；1.612ms 是场逆程扫描，电子束将从屏幕下方回到上方。

场扫描电路框图如图 3-22 所示。它由场振荡级、场频锯齿波电压形成、场激励级、场输出级等电路组成。

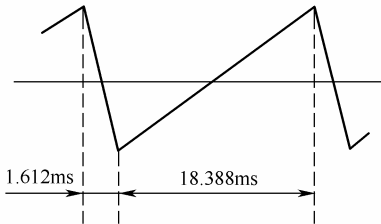


图 3-21 场扫描锯齿波电流波形

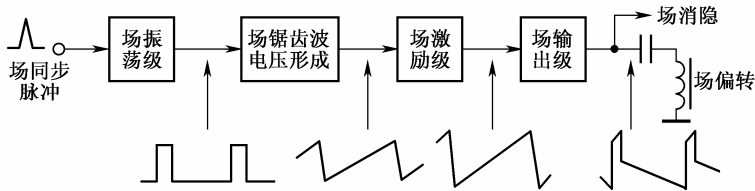


图 3-22 场扫描电路框图

场振荡电路是场扫描的信号源，它产生频率为 50Hz ，宽度为场逆程时间的矩形脉冲。场振荡电路的工作状态受场同步脉冲触发控制，当场同步脉冲到达时，场振荡电路工作状态翻转为脉冲输出。场频锯齿波电压形成电路由 RC 元件组成，场频振荡脉冲经 RC 充放电后就成为场频锯齿波电压。场激励电路对锯齿波电压进行推动放大后送往场输出电路。场输出电路对锯齿波电压进行功率放大，输出场扫描锯齿波电流给场偏转线圈，同时产生场消隐脉冲送往消隐电路。

3.6.2 场扫描电路分析

目前场扫描电路除场输出级外基本上采用集成电路，现以东芝 TA7698AP 集成电路为例进行分析。 TA7698AP 场扫描小信号电路如图 2-23 所示。

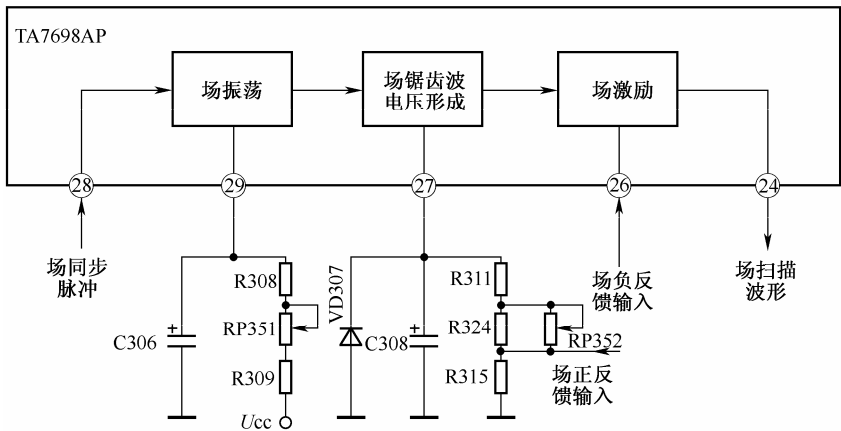


图 3-23 TA7698AP 场扫描小信号电路

1. 场振荡电路

场振荡电路是场扫描的信号源，它产生频率为 50Hz ，宽度为场逆程时间的矩形脉冲。场振荡电路的工作状态受场同步脉冲触发控制，当场同步脉冲到达时，场振荡电路工作状态翻



转为脉冲输出。在图 3-23 中, ②⑨外接 C306、R308、R309、RP351 为场振荡定时元件。场振荡正程时, +12V 电源通过 R309、RP351、R308 给 C306 充电, 场扫描正程时间由 C306 充电时间常数决定; 场振荡逆程时, C306 通过 TA7698AP 内电路放电, 场扫描逆程时间由 C306 放电时间常数决定。调节电位器 RP351, 可改变正程时间, 也就改变了场扫描周期和频率, 因此 RP351 称为场频调节电位器。

场同步脉冲由②⑧脚输入, 控制场振荡电路, 将自由振荡变成同步控制振荡, 从而达到场同步的目的。

2. 锯齿波电压形成电路

在图 3-23 中, ②⑦脚的 C308 为锯齿波形成电容。场频脉冲加至场频锯齿波电压形成电路时, 由内电路给 C308 充电, 形成锯齿波上升段, 即场扫描逆程; 当场频脉冲过去后, C308 上的电压一路通过内电路恒流放电, 另一路通过 R311、R324、RP352、R315 放电, ②⑦脚电压基本上呈线性下降, 形成锯齿波下降段, 即场扫描正程。因此②⑦脚输出场扫描负向锯齿波电压。

在图 3-23 中, 改变 C308 的放电电流可以改变②⑦脚形成的锯齿波幅度, 因此, 调节 RP352 的阻值, 可以改变锯齿波幅度, 从而达到调节场幅的目的。另外, 在实际电路中, 为了改善场扫描的线性失真, 将场输出级的场频锯齿波经 RP352、R324、R311 反馈至②⑦脚, 以改善②⑦脚锯齿波的波形。VD307 为保护稳压管, VD307 在 7.5V 时导通, 以防止②⑦脚电压过高而导致 TA7698AP 内部损坏。

3. 场激励电路

场激励电路的作用是对场频锯齿波电压进行放大和线性补偿, 并输出幅度足够的锯齿波电压送往场输出级。在图 3-23 中, ②⑦脚的负向锯齿波通过集成电路内部加至场激励电路, 进行倒相放大和射极跟随放大后, 由②④脚输出, 去驱动场输出电路。

②⑥脚为交直流负反馈输入端, 反馈来自对场输出的直流电压及场偏转扫描电流进行取样, 由②⑥脚反馈至内电路, 经射极跟随放大后, 与来自②⑦脚的输入锯齿波进行比较, 构成直流电压负反馈和交流电压负反馈; 其中直流负反馈用于稳定静态工作点, 交流负反馈用于场线性补偿。

4. 场输出放大电路

场输出放大电路的作用是对场频锯齿波电压进行功率放大, 并使场偏转线圈产生锯齿波电流, 同时产生场消隐脉冲送至消隐电路。场输出放大电路是个功率放大器, 通常采用 OTL 放大电路。东芝 TA 两片机场输出放大电路如图 3-24 所示。

场输出放大电路由 VT303、VT306、VT307 及附属元件组成, 其中 VT303 为倒相驱动放大管, 其基极静态电压由 TA7698AP 的②③脚提供, R318 为 VT303 集电极负载电阻。VT306、VT307 为一对互补对称型 OTL 推挽管, 工作在甲乙类状态, 以消除交越失真, 它们的基极偏置电压由 VT303 的集电极电流经过 R332、VD303 时的压降提供。C312 为自举电容; R317 为自举辅助电阻; C329 为消振电容; VD304 为保护二极管, 防止场逆程脉冲将 VT306 击穿。

为了提高场输出放大电路的工作效率, 电路采用双电源供电方式, 即正程期间由低压 +45V 供电, 逆程期间由高压 +114V 供电, VD306、C313、R325 为双电源供电元件。其工作



原理如下:

TA7698AP24 输出的是一个正向场频锯齿波, 经 VT303 倒相驱动放大, 由 VT303 集电极输出负向场频锯齿波, 分别加至 VT306、VT307 的基极。在场扫描正程前半段部分, 由于 VT303 集电极电位高于 A 点电位, 使 VT306 处于正向偏置而导通, VT307 处于反向偏置而截止; 这时 VT306 集电极的 C313 迅速放电, 当放电到 B 点电位低于 +45V 时, VD306 导通, 由 45V 经 VD306 给 VT306 提供导通电流。于是由 +45V 经 VD306、VT306、 L_Y 、C331、R323 到地, 在场偏转线圈 L_Y 上形成锯齿波正程扫描电流的前半段, 此扫描电流给 C331 充电。

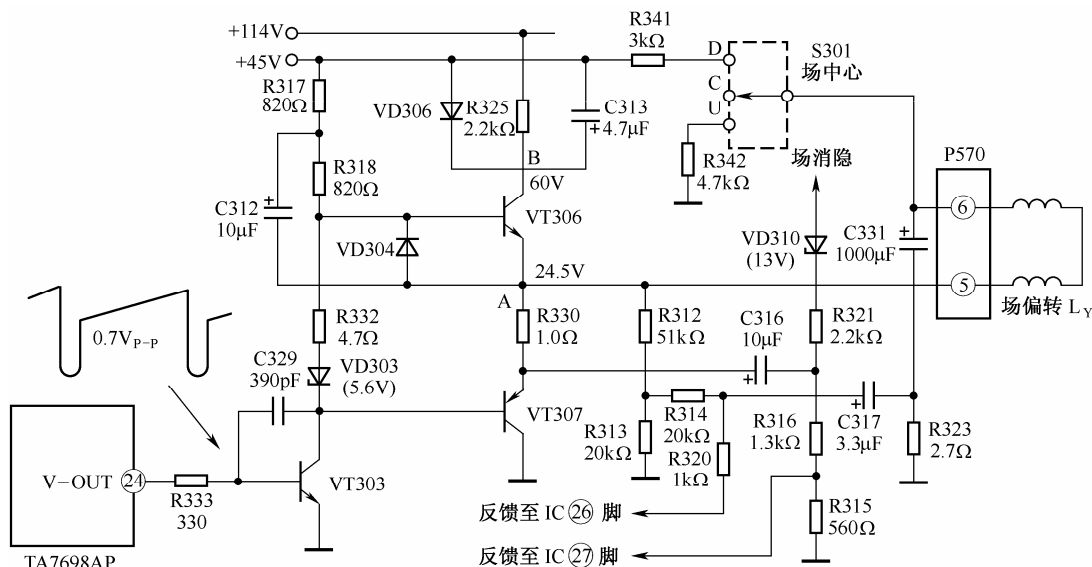


图 3-24 场输出放大电路

在场扫描正程后半段部分, 由于 VT303 集电极电位低于 A 点电位, 使 VT306 处于反向偏置而截止, VT307 处于正向偏置而导通; 这时 C331 起电源作用, 于是由 C331 正极经 L_Y 、R330、VT307、地、R323 到 C331 负极, 在场偏转线圈 L_Y 上形成锯齿波正程扫描电流的后半段, 此扫描电流由 C331 放电提供。这时由于 VT306 截止, +114V 电源通过 R325 给 C313 充电, 使 VT306 集电极电位不断上升, 当正程后半段扫描即将结束时, VT306 集电极电位已上升到 +114V, 为逆程准备好高电压电源供电。

在场扫描逆程部分, VT303 反偏截止, VT307 也反偏截止, 推挽管 A 点感应出 110V 左右的逆程高压, 通过自举电容 C312, 使 VT306 基极电位高于发射极电位, 而 VT306 集电极电位为 +114V, 于是 VT306 导通, 但不会处于深度饱和或反向导通状态, 从而逆程扫描时间不会被延长。

场输出放大电路在场频锯齿波电压输入下, 依次循环工作, 在场偏转线圈 L_Y 上形成场扫描锯齿波电流, 在 OTL 推挽管 A 点形成具有场逆程脉冲的锯齿波电压。

由图 3-24 可知, 场输出放大电路有两路信号反馈到前级电路, 一路是交流正反馈, 由 R315、R316 对场输出锯齿波电压进行分压衰减, 再通过 RP342、R324、R311 调节, 叠加在 TA7698AP27 脚锯齿波形成波形上, 以产生预校正电压, 使场线性得到改善。另一路是交流负反馈, 反馈到 TA7698AP26 脚上, 其中直流负反馈由 R312~R314 及 R320 组成, 对 OTL



推挽管 A 点电位进行分压衰减, 经 R320 耦合到②⑥脚, 起稳定静态工作点作用; 而交流负反馈由 R323、C317 及 R320 组成, 将 R323 上的场输出锯齿波电压经 C317、R320 耦合也加到②⑥脚上, 以校正场线性失真。

场输出放大电路设置有场中心位置开关 S301。当 S301 与 C 端相连时, 对电路没有影响, 光栅在垂直方向上不移动。当 S301 与 D 端相连时, 将有 7mA 直流流入偏转线圈, 使光栅在垂直方向向下移一定距离。当 S301 与 U 端相连时, 也将有 7mA 直流电流反方向流入场偏转线圈, 使光栅在垂直方向向上移一定距离。

3.6.3 场扫描电路故障检修

1. 水平一条亮线故障检修

当场扫描电路完全不工作时, 电子束将停止垂直方向扫描, 荧光屏将出现水平一条亮线故障。如当 VT307 击穿时, 水平一条亮线故障现象如图 3-25 所示。碰到此现象时, 应关低荧光屏亮度进行检修, 以免电子束灼伤荧光粉。



图 3-25 水平一条亮线案例 (VT307 击穿)

水平一条亮线故障可能是图 3-23 所示的场扫描小信号处理电路所致, 也可能是图 3-24 所示的场扫描输出电路所致。为了区分, 可采用万用表电阻挡表棒, 在 TA7698AP 的④脚与地之间进行碰触感应, 以注入干扰信号, 若荧光屏有反应, 光栅由水平一条亮线向垂直方向瞬间张开, 说明故障发生在图 3-23 所示电路, 如场振荡停振等; 若荧光屏没有反应, 则故障发生在图 3-24 所示电路, 如 C331、R323 开路等。

由于场扫描电路存在直流负反馈, 使图 3-23 所示电路与图 3-24 所示电路的直流状态相互牵制, 故障检测难度增加。例如, 若图 3-24 中的 R320 开路, 则 TA7698AP 的②⑥脚没有直流反馈电路, ④脚也没有输出直流电压。而④脚无电压又会引起 VT303 截止, 从而导致 VT306、VT307 直流工作点也不正常。检修 TA7698AP 场扫描时, 尤其要注意这一点。

2. 场幅不正常故障的检修

场幅过大或场幅不足说明场振荡电路工作基本正常, 故障主要在场幅调整电路、场输出电路和锯齿波形成电路。首先应调节场幅调整元件, 在调整过程中观察屏幕变化能否使场幅正常, 并对有故障的场幅调整元件进行更换。若经调整不能恢复场幅, 应进行进一步检修。

场幅过大的检修。首先检查场输出供电电压是否高于正常值, 若高于正常值, 则应检查



供电电路；若场输出电路电源电压正常，进一步检查锯齿波形成电容 C308 是否容量减小。如当 C308 容量减小时，充放电加快，锯齿波电压幅度加大，则会出现如图 3-26 所示的场幅增大故障现象。

场幅不足的检修。首先检查场输出供电电压是否低于正常值，若低于正常值，则检查场输出电路供电电路；若场供电电压正常，则检查场输出耦合电容是否失效或漏电；若场输出耦合电容正常，则需进一步检查锯齿波形成电路有关定时元件，如锯齿波形成电容放电电阻阻值是否增大。如当图 3-23 中的 R324 开路时，锯齿波形成电容 C308 放电困难，锯齿波电压幅度减小，于是出现如图 3-27 所示场幅窄现象。



图 3-26 场幅增大案例（C308 容量偏小）

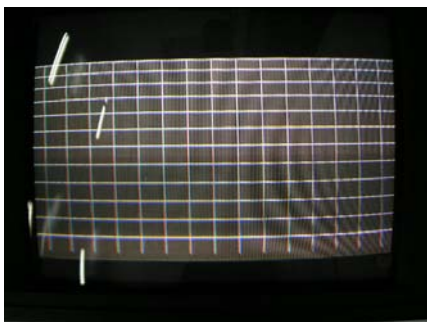


图 3-27 场幅窄案例（R324 开路）

3. 场线性不良故障的检修

场线性不良是电视机的多发故障。因显像管需较大的场偏转输出功率，常采用 OTL 场输出电路，为了提高 OTL 电路的输出动态范围、减少功耗，通常采用双电源供电和升压电路，并使用大回路深度交流负反馈电路来减少场输出波形畸变，改善图像垂直失真。场线性不良通常有以下原因造成：

- 1) 供电电路引起。场输出电路供电电路发生故障时，导致工作电压不正常，使场输出管工作点偏移，场输出波形严重失真，引起场线性不良。
- 2) 反馈电路引起。常用反馈电路有三个：直流负反馈、交流负反馈和正反馈线性补偿电路。当这三个反馈电路中任何一个出现故障，都会产生线性失真。
- 3) 锯齿波形成电容不良引起。当场振荡正常时，锯齿波形成电容不良，经反馈电路无法校正时，也会引起场线性失真。
- 4) 自举电容和 S 校正电容引起。当自举电容失效和漏电时，会直接影响场线性，且伴有回扫线发生；S 校正电容不良时也会使场线性不良。
- 5) 其他故障引起。推挽管有一个损坏，将只有半幅图像；偏置电阻和二极管变质或损坏，会产生交越失真，使图像中部折叠；场线性可调电阻损坏，使反馈电路异常，场线性不良。

任务 3-7 微处理器控制电路故障检修

随着微处理器技术的发展和电子产品功能的增加，彩色电视机、影碟机、CD 唱机、录像机等许多电子产品都有微处理器控制电路，因此，介绍微处理器控制电路的故障检修很有必要。微处理器在电视机中的应用是最典型的，本任务将以此为例进行介绍。



1. 学习目标

最终目标：能检修微处理器电路故障。

促成目标：1) 熟悉微处理器控制电路的结构与工作原理；

2) 能对微处理器控制电路进行测试；

3) 掌握微处理器电路故障检修技巧；

4) 能对电视机微处理器电路进行故障检修,找出损坏元器件。

2. 活动设计

活动内容：

以东芝 TA 两片机为例，电路如附图 A 所示，活动设计如下：

1) 测试模拟量控制、调谐控制、待机控制引脚电压；测试模拟量控制、调谐控制波形；

2) 在微处理器控制电路中设置一个故障，要求采用电压测量法、电阻测量法及波形测量法找出故障元件，排除故障。

工具准备：TA 两片电视机、万用表、电铬铁、示波器等。

时间安排：90 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中测试占 30%，排除故障占 50%，检修报告占 20%。

扣分标准：①在测试及检修过程中，每犯 1 次检修错误扣 10 分；②每超时 10 分钟扣 10 分；③每要求教师提示 1 次扣 10 分；④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

相关知识部分将介绍典型微处理器控制芯片 M50436-560SP 的功能,介绍 M50436-560SP 键控电路、复位电路、模拟量控制电路、调谐选台电路、待机控制电路,最后重点介绍故障检修方法与技巧。

3.7.1 典型电路分析

1. M50436-560SP 遥控系统组成框图

以 M50436-560SP 为微处理器的彩电遥控系统如图 3-28 所示, M50436-560SP 在西湖 54CD6 彩电中的应用电路如附图 A 所示。

M50436-560SP 是日本三菱公司生产的电视机遥控系统专用的 4 位单片微控制器,配有节目存储器 M58655SP。M50436-560SP 接收来自遥控或面板键盘的各种控制指令,经识别后输出相应的控制信号。

微处理器对电视机的控制通常有:调谐选台控制、音量控制、亮度控制、色饱和度控制、待机控制等。微处理器在实现控制的同时,还要输出控制提示符在荧光屏上进行显示。为实现控制,微处理器还需要输入来自电视机的复合同步脉冲、AFT 信号,行、场逆程脉冲等,以便准确地执行各种控制功能。

2. 面板键盘矩阵电路

M50436-560SP 接收的指令信号有两个来源,一是⑤脚遥控输入端;二是面板键盘输入端,由③②~③③脚键盘扫描信号输入端和①⑦~②①脚键盘扫描信号输出端组成键盘矩阵,如图 3-29

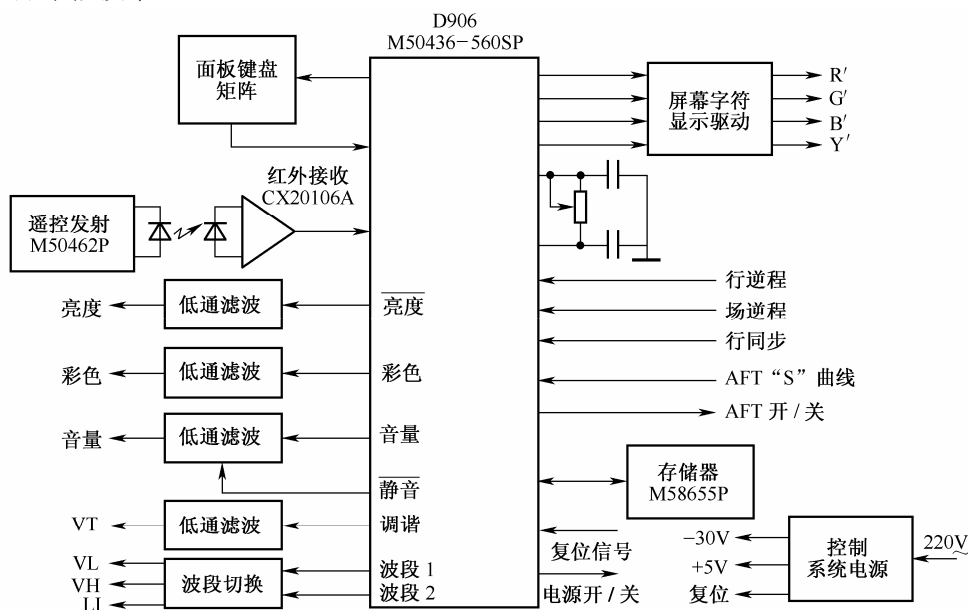


图 3-28 M50436-560SP 遥控系统组成框图

所示。在键盘上按下任一按键，则相应的交叉点接通，有与之对应的键位码产生并直接送入 CPU，CPU 根据键位码执行相应的控制操作，如频道切换、音量控制等。

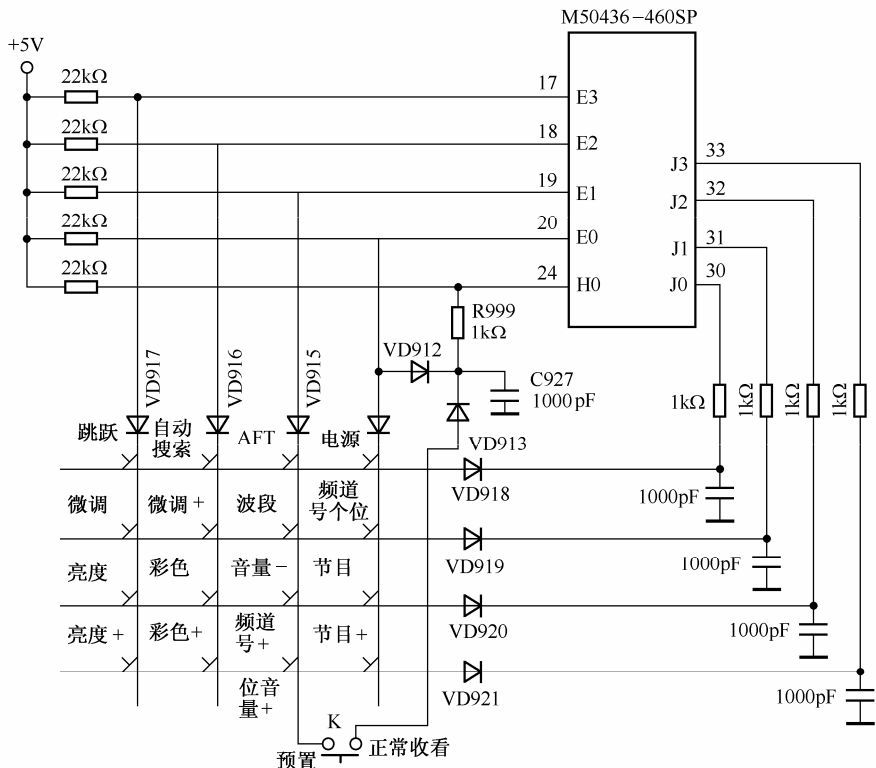


图 3-29 面板键盘矩阵电路



3. 微处理器的工作条件

微处理器芯片正常工作的基本条件是： $+5\text{V}$ 供电电压；时钟振荡正常；复位正常。

M50436-560SP 芯片的⑤脚为 5V 直流供电端，芯片的⑳、㉑脚外接的石英晶体与集成块内部电路组成的 4MHz 主时钟振荡器，芯片的㉔脚为复位脚。

M50436-560SP 的 5V 供电与复位电路如图 3-30 所示。要求在每次开机时，㉔脚电压的建立应滞后于电源供电端⑤脚至少 1ms 。

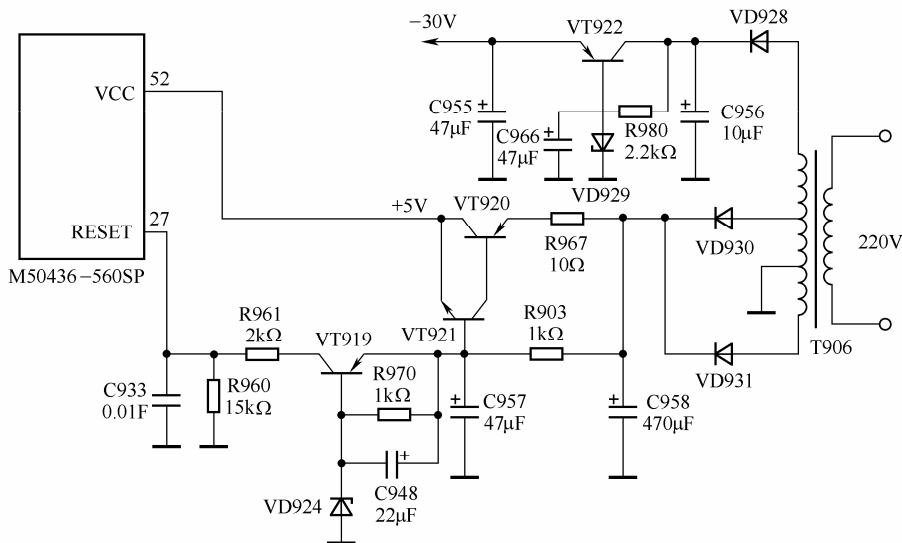


图 3-30 5V 供电与复位电路

其工作过程是：一开机，由 VT920、VT921 组成的遥控 $+5\text{V}$ 稳压电路，立即为 CPU 的⑤脚提供 $+5\text{V}$ 电压，这一瞬间，因 C948 来不及充电，VT919 截止，M50436-560SP 的㉔脚为 0V 低电平，内部复位。随后当 VD924 导通时，才有电流对 C948 充电，待 C948 两端充电电压达到 0.7V 时，VT919 导通，集电极输出 $+5\text{V}$ 电压送㉔脚，M50436-560SP 内部复位解除，进入工作状态。显然㉔脚电压相对于⑤脚电压，在时间上有 1ms 的延迟，延迟时间的长短取决于 C948 电容量的大小。

4. 节目存储器电路

节目存储器 M58655P 电路如图 3-31 所示。M58655P 为电可改写不挥发存储器 (EPROM)，数据可读可写，断电后数据不会丢失。存储的内容有：30 套选台数据（16bit 调谐电压数据和 2bit 频段切换数据）；各 6bit 色饱和度、亮度、音量控制数据；最后收看的电视节目频道数据，这样下次打开电视机时，出现的是上次关机前最后收看的电视节目。

若 M50436-560SP 的 I/O 端子④脚要与 M58655P 的 I/O 端子⑫脚进行数据读/写，需满足如下条件：首先，M58655P ①脚和②脚要加上 $+5\text{V}$ 和 -30V 工作电压；其次，微处理器向 M58655P 的④脚发出片选信号（低电平），向 M58655P ⑥脚输入时钟脉冲，在片选信号作用期间，存储器才能按时钟脉冲的节拍进行工作；此外，微处理器还要向存储器的⑦脚、⑧脚、⑨脚发出工作状态（输入、输出、写入、读出、地址输入）指令，存储器内的逻辑电路据此

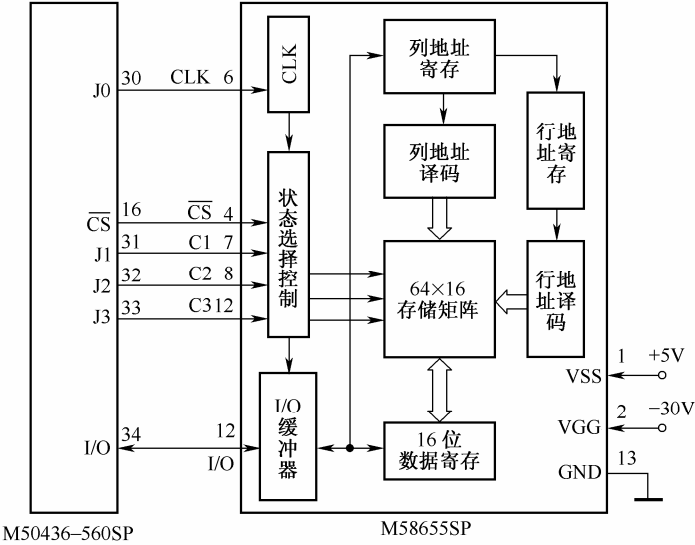


图 3-31 M58655P 存储器电路

5. 模拟量控制电路

通常将连续变化的控制称为模拟量控制，如电视机中的音量、亮度、色饱和度控制等。M50436-560SP 模拟量控制电路如图 3-32 所示，其②脚、③脚、④脚各能输出 64 级脉冲宽度

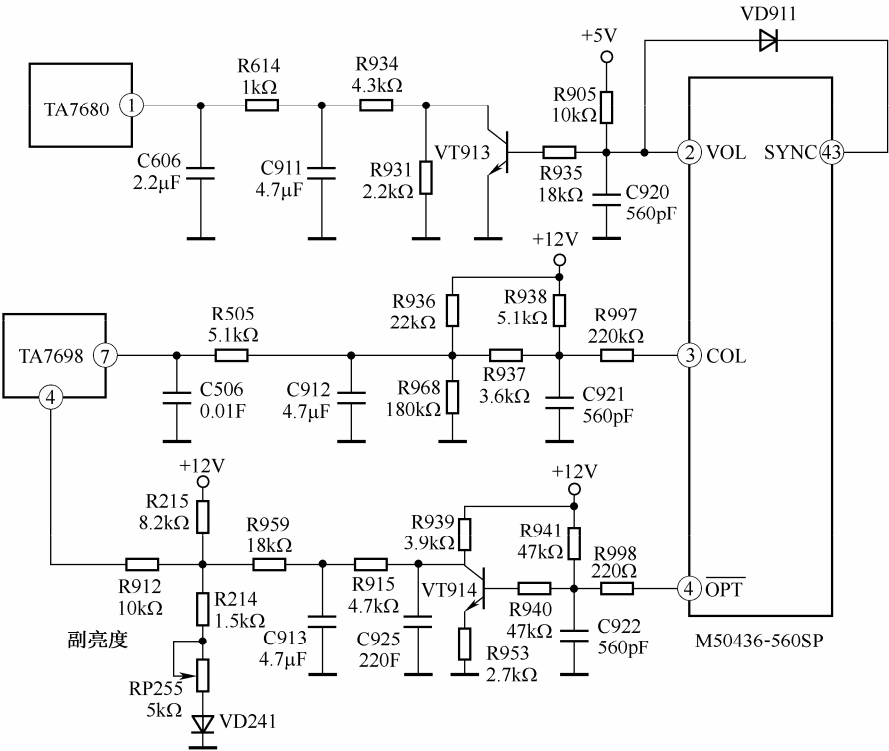


图 3-32 模拟量控制电路



度调制 (PWM) 信号, 经外接的低通滤波及电平转换电路, 变成直流控制电压去控制主板各对应的模拟量受控端。

例如, 当按住面板的音量增控制键, M50436-560SP 收到音量增指令后, 在原有 6bit 音量控制码的基础上, 不断地进行加 1 运算, 并从②脚输出与 6bit 音量控制码相对应的 PWM 脉冲, 再经 VT913 倒相放大及 R934、C911、R614、C606 两级低通滤波后, 产生 64 级直流音量控制电压, 送往主板 TA7680①脚进行音量控制, 当手松开按键时, M50436-560SP 将最后的 6bit 音量控制码写入存储器 M58655P 中。

M50436-560SP 的③脚为色饱和度控制, M50436-560SP 的④脚为亮度控制, 控制原理与音量控制相同。

6. 手动调谐选台电路

M50436-560SP 搜索选台方式有手动选台和自动选台两种, 电路如图 3-33 所示。

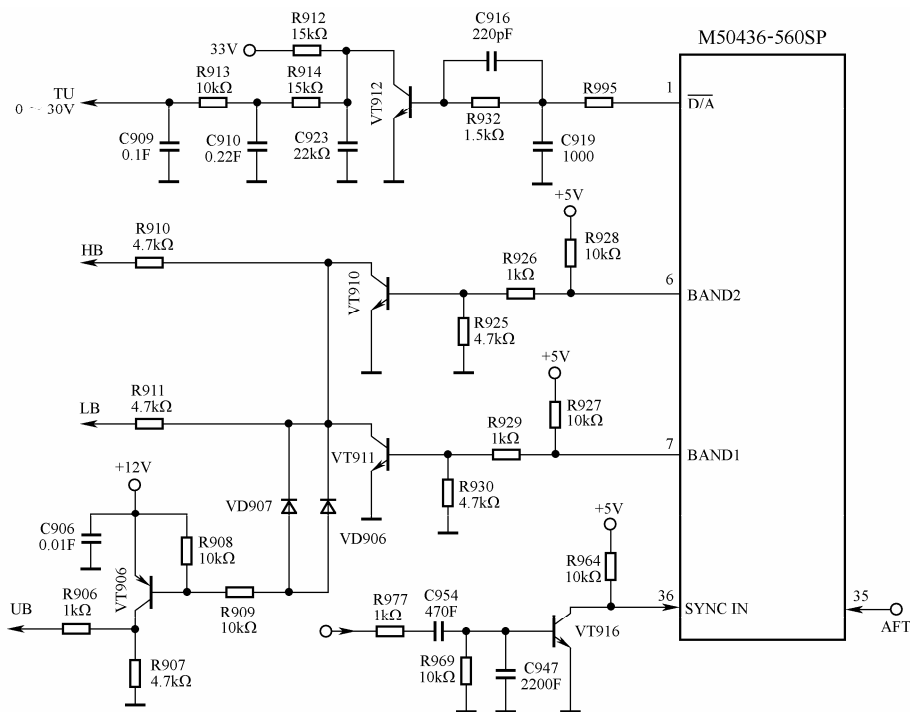


图 3-33 调谐选台电路

手动调谐控制由 M50436-560SP 的①脚、⑥脚、⑦脚实现。其中⑥脚、⑦脚输出 2bit 频段控制数据, 通过外接频段译码器, 向高频调谐器提供 LB、HB、UB 频段控制电压, 低电平选中相应的频段。若 LB 为低电平, 则选中 VL 频段, 该频段可接收 1~5 频道; 若 HB 为低电平, 则选中 VH 频段, 该频段可接收 6~12 频道; UB 为低电平, 则选中 U 频段, 该频段可接收 13~58 频道。⑥脚、⑦脚输出与工作频段之间的关系如表 3-5 所示。

M50436-560SP 的①脚为调谐控制输出脚, 14bit 的调谐数据经 D/A 变换器变换成脉宽调制 (PWM) 信号后从①脚输出, 经 VT912 倒相放大及 C909、C910 低通滤波后, 变换成高频调谐器所需要的 0~30V 直流调谐电压。



表 3-5 控制信号与工作频段的关系

⑥脚 ⑦脚	译 码 过 程	工作状态
H L	VT910 饱和, VT911 截止, VD906 导通, VT906 饱和, LB 为高电平, HB 为低电平, UB 为高电平	VH 频段
L H	VT911 饱和, VT910 截止, VD907 导通, VT906 饱和, LB 为低电平, HB 为高电平, UB 为高电平	VL 频段
L L	VT910 截止, VT911 截止, VD906 截止, VD907 截止, VT906 截止, LB 为高电平, HB 为高电平, UB 为低电平	U 频段

手动调谐的操作过程是:

- 1) 在 1、2、…、30 预选号码中, 选择一个预置号 (M58655P 某存储单元的地址)。
- 2) 将图 3-28 中的状态开关拨在预置位置, 使 M50436-560SP 进入调谐状态。
- 3) 根据欲接收某电视台的频道, 按波段 (B) 键, 选择相应频段。
- 4) 边按住微调+/- 键不放手, 边观察屏幕, 一旦某电视台的图像出现就松手。
- 5) 将状态开关拨回到正常收看位置。

当按微调+/- 键时, M50436-560SP 将对内部原有 16bit 调谐码不断进行加 1 或减 1 运算, 每一次运算结果均经 D/A 转换器后从①脚输出相应的 PWM 脉冲, 再经 VT912 倒相放大及低通滤波后, 产生 0~30V 变化的调谐电压。一旦松开按键, 最后运算的 16bit 调谐码及 2bit 频段控制码, 被写入到存储器 M58655P 与预置号相对应的存储单元中。

7. 全自动调谐控制

为实现全自动调谐控制, 须在手动调谐控制的基础上, 再向 M50436-560SP 输入同步脉冲及 AFT 电压。同步脉冲经 VT918 倒相从③脚输入, 用于识别有没有接收到电视信号; AFT 电压从⑤脚输入, 用于识别调谐的准确性。

全自动调谐的操作过程是:

- 1) 将图 3-28 中的开关拨在预置位置, M50436-560SP 进入调谐状态。
- 2) 按自动搜索键松手。
- 3) 待三个频段均搜索完毕, 将状态开关拨回到正常收看位置。

在自动搜索状态下, M50436-560SP 通过⑥、⑦脚输出频段切换电平, 先从 VL 频段开始, 并从①脚自动输出 PWM 信号, 经外围电路变换成逐渐增大的 0~30V 调谐电压, 一旦有同步脉冲从③脚输入, 便放慢搜台速度, 通过监测⑤脚的 AFT 电压, 以确定最佳调谐点。一旦微处理器识别出频道已调准, 则立即将有关数据写到存储器 M58655P 第 1 个单元中, 再继续搜索下一个频道。频段选择顺序为 VL→VH→U, 直至搜索完所有频段, 微处理器再从 M58655P 第 1 个单元中读出频段数据和调谐数据, 使电视机处于接收首个搜索到的电视节目状态。

8. AFT 控制电路

AFT 控制电路如图 3-34 所示。

在预置状态, M50436-560SP 的⑧脚输出高电平, 使 VT907 导通, 漏极与源极接通, 漏极电压被固定在源极电压上, 约 6.5V (12V 通过 R920、R917 分压获得)。由于 VT907 的漏极与高频调谐器的 AFT 端子相连, 故此时高频调谐器的 AFT 电压为固定值, 此时称 AFT 处于“OFF”状态, 本机振荡频率完全由 0~30V 调谐电压决定。

在正常收看状态, ⑧脚输出低电平, VT907 截止, 来自中频通道的 AFT 电压, 经 R916 送往高频调谐器, 以对本机振荡频率进行跟踪微调, 即 AFT 处于“ON”状态。

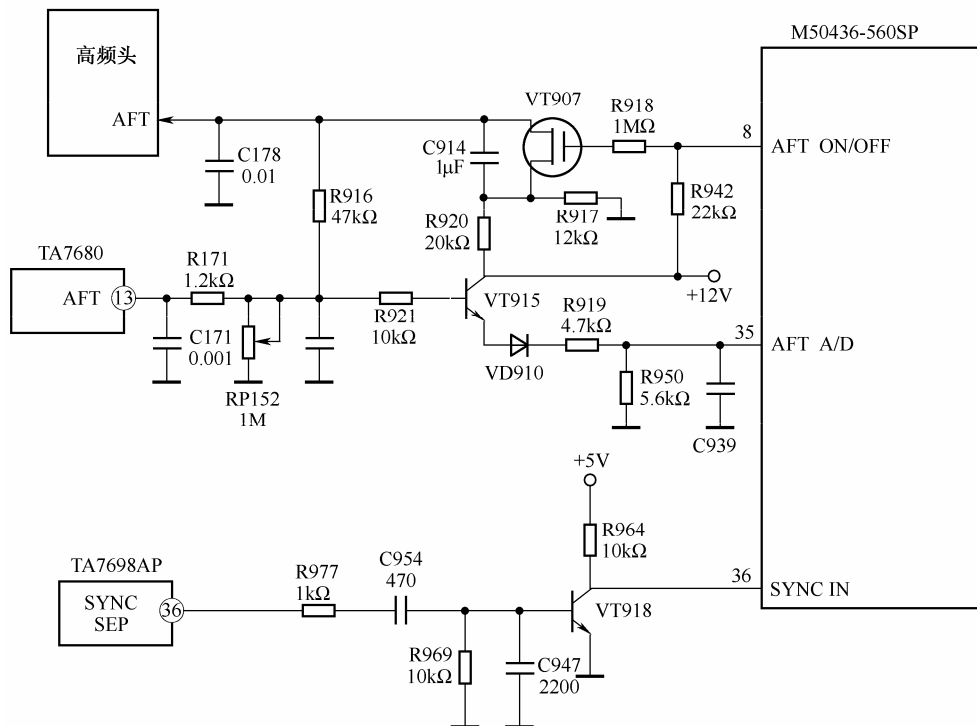


图 3-34 AFT 控制电路

另外, AFT 电压经 VT915 射随, 被送到 M50436-560SP 的③⑤脚, 作为电台调谐准确与否的判别信号。

9. 待机控制电路

待机控制就是遥控开/关机控制, 电路如图 3-35 所示。其工作过程是: 当收到“待机”指令后, M50436-560SP 的⑨脚输出低电平, VT908 截止, 集电极输出高电平。该高电平的控制有三路, 一路使 VT801 饱和, 将电源厚膜集成块 STR-5412 的②脚钳在地电位, 振荡反馈电路被短路, 开关电源停振, 主电源无输出, 即关机状态; 二是使 VT909 饱和, 待机指示灯 VD931 被点亮; 三是使亮度消噪管 VT205 饱和, 以避免开关瞬间的光栅闪动。

同理, 当收到“开机”指令后, M50436-560SP 的⑨脚输出高电平, 使 VT908 导通, VT801 截止, STR-5412 的②脚不受 VT801 控制, 主机电源工作正常, 待机指示灯 VD931 也因 VT909 的截止而熄灭。

此外, 如果按下遥控器上的“TIME”键, 若将定时关机时间设定为 30 (60、90) 分钟, 则 30 (60、90) 分钟后, M50436-560SP 的⑨脚将自动输出低电平, 使整机处于待机工作状态。

3.7.2 常见故障检修

1. 待机控制电路故障检修

当待机电路出现故障时, 可能使电视机始终待机或始终不能待机。

首先应检查 M50436-560SP 的⑨脚的输出电压。若⑨脚电压 0V/5V 转换正常, 则说明 M50436-560SP 待机控制正常, 故障应在⑨脚外围电路, 如 R948 开路、VT908 开路、VT801c-e



结击穿,会导致始终待机;VT908 c-e 结击穿、R822 开路、R823 开路, R922 开路会导致始终不能待机。

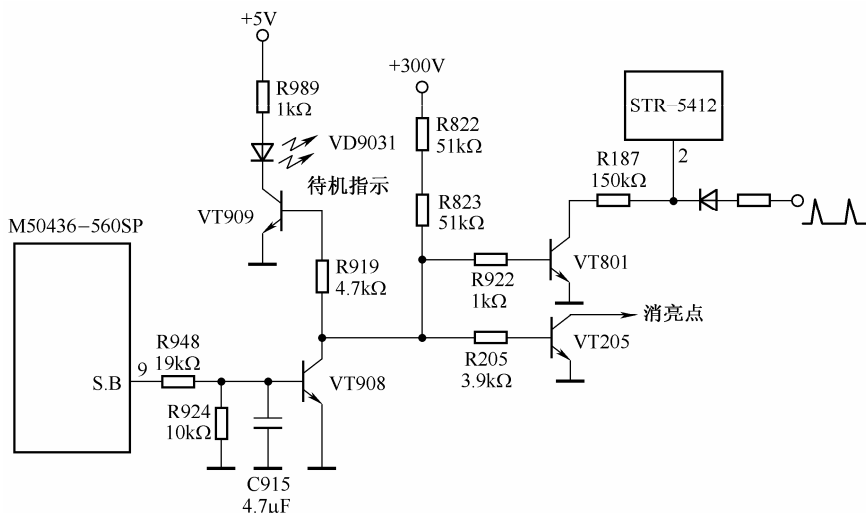


图 3-35 遥控开/关机控制电路

如果 M50436-560SP⑨脚输出始终为 0V, 则需测量 M50436-560SP 的时钟、+5V 供电及复位引脚。时钟晶振元件有时会损坏, 不妨换一个试试。若 M50436-560SP 的⑥脚没有 5V 供电电压, 则⑨脚也一定为 0V, 此时将始终待机。判断复位电路是否有故障的简单方法是, 用一根导线, 一端接地, 另一端接复位端②脚, 然后迅速脱开, 如整机恢复正常, 故障在复位电路; 如无反应, 说明故障在其他电路。

2. 调谐选台故障检修

若所有频段的手动调谐均失效, 可检查 M50436-560SP①脚输出的调谐控制电压是否正常。若某频段手动调谐失效, 可检查 M50436-560SP⑥、⑦脚的频段控制输出是否正常。

若手动调谐正常, 但全自动调谐失效, 可检查 M50436-560SP 的③⑥脚的同步脉冲输入及③脚的 AFT 电压输入是否正常。在全自动调谐中, 主要有两种现象, 一种是无论有无电视节目出现, 都保持同样速度进行搜索; 另一种是出现电视节目后, 均只能稳定 1~2s 就跑台, 然后又自动搜索。前一种是同步脉冲输入异常, 后一种是 AFT 电压异常。

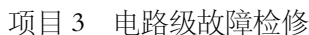
3. 失去记忆故障检修

出现不能存台故障时, 自动调谐与节目切换都正常, 只是关掉电视机电源后, 下次开机时, 无电视节目, 重新调谐后又能正常收看, 这说明存储器 M58655P 电路失效。

此时应检测 EPROM 存储电路+5V 工作电压和-30V 删除/写入负电压是否正常。如果正常, 则可能是存储器集成电路损坏; 如果不正常, 应检查+5V 和-30V 供电电路有关元件有无故障。

4. 模拟量控制故障检修

分别按遥控器上的音量控制键、亮度控制键、色饱和度控制键, 对应的声音或图像没有发生变化。此时, 应检测在功能键按下时 M50436-560SP 对应的输出引脚电压是否会变化,



如音量控制不起作用，可查遥控发射器音量按钮是否接触不良，M50436-560SP②脚输出的 PWM 信号是否正常，音量控制倒相放大管 VT913 是否正常工作，R934 是否开路，C911 是否短路，C606 是否短路，TA7680 工作是否正常等。

3.7.3 拓展知识

1. 遥控信号发射器

红外遥控发射器电路如图 3-36 所示,由发射专用集成电路 M50462AP、激励驱动管 VT1、红外发光二极管 VD1 和键盘矩阵组成。M50462AP 内部包括振荡电路、定时电路、扫描信号发生器、指令编码器、码元调制器等电路。振荡电路的振荡频率由集成块②、③脚外接的陶瓷晶体 Z1 和电容 C1、C2 决定,若接入 455kHz 陶瓷谐振器,振荡频率为 455kHz,经分频产生载波信号和定时脉冲信号。

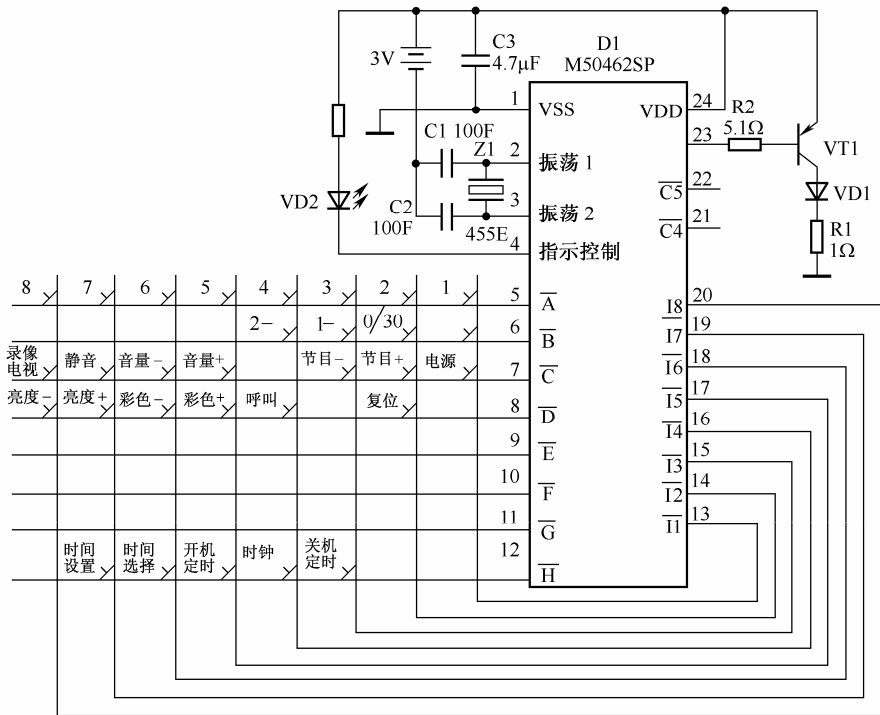


图 3-36 红外线遥控信号发射器电路

M50462AP 的⑤~⑫脚为键扫描输出端,在定时脉冲信号的作用下,输出键位扫描脉冲信号,与键位扫描信号输入端子⑬~⑳脚组成 8×8 矩阵。按下设在交叉点上的控制按键,集成电路内部的键位编码器即可得到键位码,通过指令编码器进行码值转换后,得到相应的遥控编码指令,然后对 38kHz 载波进行调制和缓冲放大,从集成块的㉓脚输出遥控编码脉冲调制信号。该信号经 VT1 放大驱动,激励发光二极管 VD1 发出波长为 940nm 的红外光。

键盘上任一控制按键按下时, M50462A 的振荡器起振, M50462A 向外发射红外遥控信号, 同时集成块④脚低电平, VD2 工作指示二极管点亮; 无键按下时, 振荡器停振, 所以电



源耗电极小，不设电源开关。②脚、②脚为用户码输出端，②④脚是+3V 电源供电端。

整机按钮功能正常，遥控不起作用，应检查遥控发射器和遥控接收电路。将万用表 1mA 电流挡串联接入遥控器 3V 电源回路中，在不按键状态下测其静态电流应为 0 或 $2\mu\text{A}$ 左右；再改用 100mA 电流挡在按键瞬间测其动态电流应在 $4\sim 15\text{mA}$ 之间；有的遥控器动态电流有抖动现象。根据检测电流可以判断遥控器的故障部位：

1) 静态电流初始为 0，按键后动态电流超过正常值，达 25mA 左右，且松开按键后，静态电流没有回到 0，说明晶振两引脚与地之间的两只瓷片电容变质使容量改变。

2) 静态电流初始为 0，按键后动态电流为 100mA 左右，故障原因通常是晶振参数变化，引起振荡频率偏移，使集成电路和信号放大管工作不正常。

3) 静态电流为 200mA 左右，动态电流接近静态电流且变化不大，故障通常是集成电路的晶振开路所致。

4) 静态电流正常，但动态电流只有 $170\mu\text{A}$ 左右，通常是因为电源滤波电容变质而容量减小所造成。

5) 静态电流正常，但动态电流只有 $400\mu\text{A}$ 左右，远小于正常值，故障原因一般是集成电路损坏。

另外，遥控发射器电池不足，电池夹接触不良，按键接触不良也会使遥控失效。若按键接触不良，可拆开遥控发射器，用酒精棉花清洗一下。

2. 遥控信号接收器

红外遥控接收器安装在电视机前面板内，其作用是接收红外光信号，将其解调为遥控编码脉冲，送 CPU 进行识别与处理。红外遥控接收电路由光电二极管 VD 和遥控信号接收集成电路 CX20106A 组成，如图 3-37 所示。

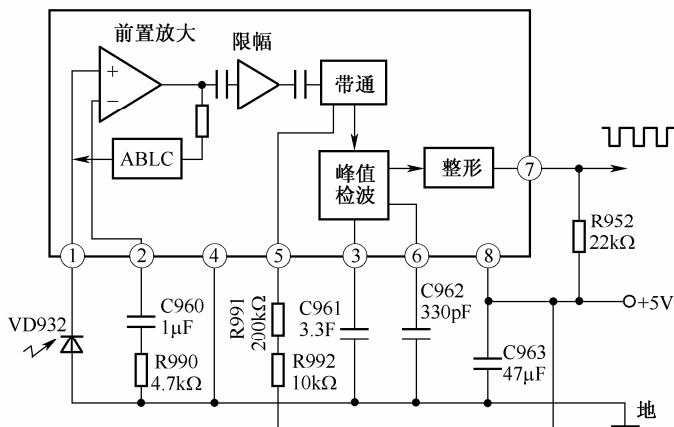


图 3-37 红外线遥控信号接收器电路

由遥控发射器发送的红外光信号经 CX20106A ①脚外接的红外光电二极管接收后变为电信号，由集成电路内部前置放大、限幅、带通滤波、检波得到遥控编码脉冲，经整形后从集成块⑦脚输出，直接送微处理器 M50436-560P ⑤脚遥控信号接收端。

CX20106A 主要端子作用：

① 脚：红外遥控光电转换输入端，外接红外光电二极管。



- ② 脚：前置放大器外接元件端。外接电阻值大小决定前置放大器的增益。
- ③ 脚：检波器外接电容端。
- ⑤ 脚：外接带通滤波器中心频率调节电阻。
- ⑥ 脚：外接滤波电容。
- ⑦ 脚：遥控编码脉冲输出端。
- ⑧ 脚：VCC 供电端。

若怀疑遥控接收器有故障，可查遥控接收电路供电是否正常；查红外线光敏二极管 VD932 是否短路或开路；查 CX20106A 外接阻容元件；查 CX20106A 本身是否损坏；查遥控连接插座是否接触良好。

3. 屏幕字符显示电路

在进行调谐选台、模拟量控制等操作时，微处理器输出字符显示信号在屏幕的一定位置上显示文字、字符、数字等信息，方便用户操作。

M50436-560SP 具有较强的字符显示功能，通过执行适当的指令，直接控制数字、字母和符号在屏幕上的显示。M50436-560SP 屏幕字符显示电路如图 3-38 所示，有关的端子有：

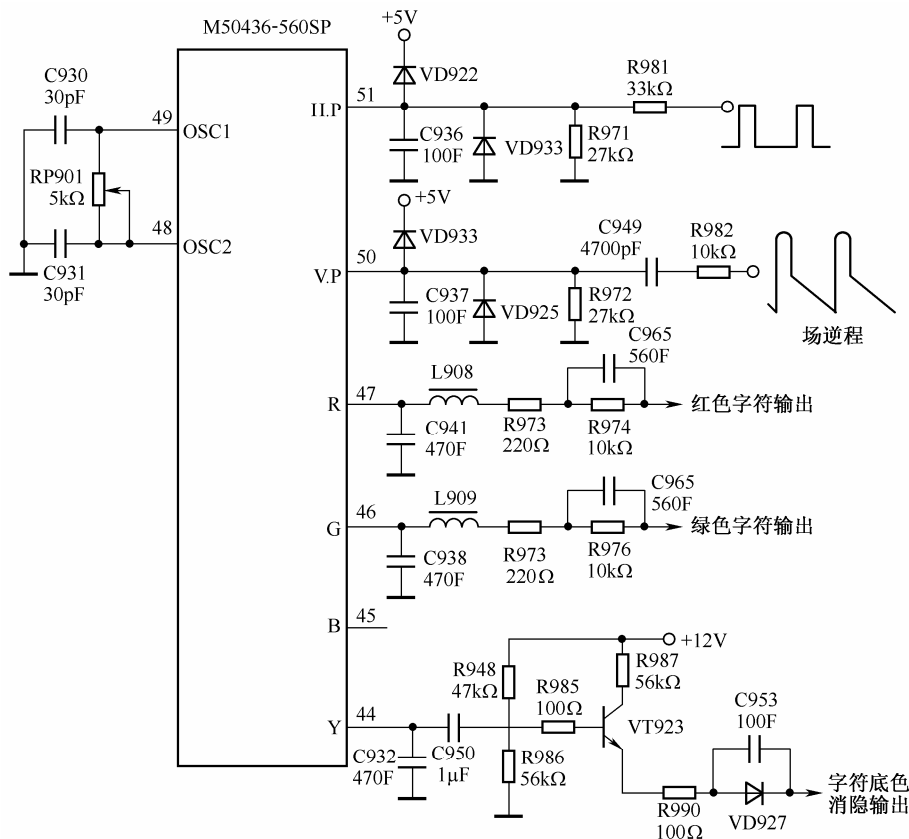


图 3-38 M50436-560SP 屏幕字符显示电路

1) 时钟振荡端 (④8脚、④9脚)。屏显时钟振荡器由 M50436-560SP④8脚、④9脚内电路和外接的 RC 元件 (RP901、C931、C930) 组成，是显示字符的关键电路，调节外接电阻 (RP901)



可以改变振荡频率, 调节字符在屏幕上的位置和大小。

2) 行、场定位脉冲输入端(⑤⑩脚、⑤⑪脚)。在显示字符时, 为使字符信号始终处在屏幕上的某一固定位置, CPU 需了解电视机当前的扫描位置, 所以从主机芯的行、场扫描输出电路引入行、场逆程脉冲作为字符的定位信号。

3) 字符信号输出端(④⑪脚、④⑫脚、④⑬脚、④⑭脚)。幅度为 5V 的字符脉冲串信号分别从④⑪脚(Y)、④⑫脚(B)、④⑬脚(G)、④⑭脚(R) 4 个端子输出。

若屏幕无字符显示, 可重点检查字符显示工作条件: 一是④⑱脚、④⑲脚时钟振荡正常; 二是⑤⑩脚有场脉冲输入; 三是⑤⑪脚有行脉冲输入。

知识梳理与总结

电子产品是由各种单元电路组成的, 因此, 电路级故障检修是电子产品维修技术的基础。本项目介绍了放大电路、电源电路、扫描电路、高频电路、解码电路及微处理器控制电路的故障检修技巧, 并以收音机、电视机中的实际电路为载体进行活动设计, 这种设计一方面使操作容易实现, 另一方面也为进一步学习电视机产品级维修打下基础。

在 7 个故障检修任务中, 每个电路的故障检修都有共性与个性, 其中开关电源电路、解码电路的故障检修还是比较难的, 只有知难而进, 才能有大收获。通过对本项目的学习, 不敢说对维修达到掌握的程度, 只能说迈进了电子电路故障检修大门。只有反复练习, 才能熟能生巧, 才能将电阻测量法、电压测量法、信号注入法等维修方法掌握到得心应手的境界。

思考与练习 3

1. 在三极管 c、b、e 三个电极的电压测量中, 哪一个电压测量最能反映故障? 为什么?
2. 在 OCL 功放电路中, 哪一点电压测量最重要? 为什么?
3. 为什么开关电源比传统的串联型稳压电源效率高?
4. 串联型开关电源的开关调整管若击穿短路, 会造成什么现象, 为什么?
5. 结合图 3-4 所示的东芝 TA 两片机开关电源电路, 说明发生下列故障时, 输出电压作何变化, 为什么?

R811 开路; C811 容量不足; VD808 开路; STR-5412 中 R4 开路; STR-5412 中 VS 击穿。

6. 怎样安全地检修开关电源故障?
7. 为什么开关电源负载允许短路而不允许开路?
8. 收音机无声故障范围很广, 如何缩小故障范围?
9. 收音机音轻、失真是软故障, 其主要原因是什么?
10. 为什么灵敏度低, 主要检修高频电路而不是低频电路?
11. 行扫描电路由哪几部分组成? 其功能有哪些?
12. 产生行扫描非线性失真的原因有哪些? 一般采用什么方法进行补偿?
13. 怎样安全地检修行扫描电路故障?
14. 场扫描电路由哪几部分组成? 各部分的主要功能是什么?
15. 在西湖 54CD6 机中, 调节 RP351、RP352, 图像会发生怎样变化? 为什么?



16. 在东芝 TA 两片机场扫描电路中, 为什么 R320 开路会产生水平一条亮度故障?
17. 在 TA7698AP 电路中, 哪些情况下 ACK 会起控?
18. 简述 M50436-560SP 调谐选台电路故障检修技巧。
19. 微处理器正常工作应具备哪些基本条件?
20. 试举例说明, M50436-560SP 遥控系统发生故障时, 会产生无图像、无伴音、无彩色、始终待机等故障现象。
21. 说明下列元件损坏时, 会出现什么故障?
 - (1) M50436-560SP[®]脚外围的 VT918 开路;
 - (2) VT915 (AFT 射随管) b-e 结开路。

CRT-TV维修技术

本项目有 5 个任务：任务 4-1 是彩色电视广播认知，任务 4-2 是电视机整机电路认知与测试，任务 4-3 是三无故障检修，任务 4-4 是图像不正常故障检修，任务 4-5 是同步不良故障检修。

学习导航

学习 目标	最终目标	能检修 CRT 电视机常见故障
	促成目标	1) 了解广播电视技术知识 2) 了解 PAL 制彩色电视信号编码知识 3) 熟悉 CRT 电视机电路组成及工作原理 4) 能阅读电视机原理图及印制板电路 5) 能检修 TA 两片机三无、图像不正常、不同步故障
教师 引导	知识引导	广播电视技术知识; PAL 制彩色电视信号编码知识; TA 两片机电视机电路分析; TA 两片机故障分析
	技能引导	学习活动设计: 三无故障检修训练, 图像不正常故障检修训练, 同步不良故障检修训练
	重点把握	三无、无图像故障检修
	建议学时	20 学时



任务 4-1 彩色电视广播认知

欲学习 CRT-TV 维修技术,必须能看懂 CRT-TV 电原理图。欲看懂 CRT-TV 电原理图,应先了解彩色电视广播知识。本任务将介绍全电视信号的组成、电视信号调制技术及频道划分、色度学知识、三基色原理及 PAL 制电视信号编码过程。

1. 学习目标

最终目标:会说出彩色电视广播技术中一些基本概念与术语。

促成目标:1) 熟悉全电视信号的组成;

2) 了解电视信号调制技术及频道划分;

3) 了解色度学知识;

4) 掌握三基色原理;

5) 熟悉 PAL 制电视信号编码过程;

6) 能说出彩色电视广播技术中的一些基本概念与术语。

2. 活动设计

15 分钟课堂练习,练习题设计如下:

1. 彩色的色调指的是颜色的()。

A. 种类 B. 深浅 C. 亮度 D. A 与 B

2. 彩色电视的全电视信号与黑白电视的全电视信号相比,增加了()。

A. 三基色信号 B. 三个色差信号 C. 两个色差信号 D. 色度与色同步信号

3. 彩色的色饱和度指的是彩色的()。

A. 亮度 B. 种类 C. 深浅 D. 以上都不对

4. 亮度信号的灰度等级排列顺序为()。

A. 白黄绿蓝青紫红黑 B. 白黄绿蓝紫红青黑

C. 白黄青绿紫红蓝黑 D. 白黄青绿红紫蓝黑

5. 当三基色信号的强度 $R=G=B$ 时,屏幕呈现的颜色为()。

A. 红色 B. 绿色 C. 蓝色 D. 白色

6. PAL 制彩色电视机中传送的两个色差信号是()。

A. $R-Y$ 和 $G-Y$ B. $B-Y$ 和 $R-Y$ C. $G-Y$ 和 $B-Y$ D. 以上都不对

7. 彩色显像管的三个阴极应分别加上()。

A. 彩色全电视信号 B. 三个色差信号

C. 正极性三基色信号 D. 负极性三基色信号

8. 正交平衡调幅制是指用两个色差信号分别对()的副载波进行平衡调幅。

A. 同频同相

B. 同频反相

C. 同频、相位差 90°

D. 频率不同,相位差 90°

9. 我国电视机的图像信号采用残留边带方式发射的原因是为了()。

A. 增加抗干扰能力

B. 节省频带宽度

C. 提高发射效率

D. 衰减图像信号中的高频



10. 我国电视标准规定：每个频道的频带宽度为（ ）。
A. 4.2 MHz B. 6 MHz C. 8 MHz D. 12 MHz
11. 色同步信号的传送位置处于（ ）。
A. 行消隐前肩 B. 行消隐后肩 C. 行扫描正程 D. 场扫描正程
12. 我国电视标准规定，视频信号的频带宽度为（ ）。
A. 4.43 MHz B. 6 MHz C. 6.5 MHz D. 8 MHz
13. 色度信号是一个（ ）信号。
A. 普通调幅 B. 调频 C. 调相 D. 平衡调幅
14. 在 PAL 制电视机中，色副载波的频率为（ ）。
A. 3.58MHz B. 4.43 MHz C. 6.0 MHz D. 6.5 MHz
15. 我国电视标准规定：图像信号的调制方式为（ ）。
A. 正极性调制 B. 负极性调制 C. 双极性调制 D. 以上都不对
16. 采用逐行倒相正交平衡调幅的彩色电视制式是（ ）。
A. NTSC 制 B. PAL 制 C. SECAM 制 D. 以上都不对
17. 我国电视标准规定的帧频和每场的扫描行数分别为（ ）。
A. 50 Hz、312.5 B. 50 Hz、625 C. 25 Hz、312.5 D. 25 Hz、625
18. 白色光的色饱和度为（ ）。
A. 100% B. 50% C. 25% D. 0
19. 色差信号的频率范围是（ ）。
A. 0~1MHz B. 0~1.3MHz C. 0~4.43MHz D. 0~6MHz
20. 彩色图像的细节部分主要与（ ）信号有关。
A. R-Y B. G-Y C. B-Y D. Y

3. 相关知识

相关知识部分将介绍 CRT 图像显示原理、全电视信号组成，电视信号调制技术及频道划分、色度学知识、三基色原理及 PAL 制电视信号编码过程。

4.1.1 CRT 图像显示原理

1897 年，德国物理学家布劳恩（Braun）发明了阴极射线管（Cathode Ray Tube，CRT），阴极射线管显示器简称显像管，它是传统的图像显示器件，尽管显像管的市场垄断地位受到了新型显示器的挑战，但其性能价格比仍是目前其他显示器件无法比拟的，因此它仍是市场上的主导产品。

1. CRT 图像显示原理

显像管发光原理：当轰击荧光屏的电子束不发生任何偏转时，则电子束会始终轰击在荧光屏中心一个点上，此时荧光屏只有一个亮点。为了使整个荧光屏都发光，必须在管锥根部套一只偏转线圈，使电子束在偏转磁场的作用下发生水平、垂直方向偏转，这又称电子束扫描。显像管结构及发光原理已在任务 2-7 中介绍。

在电子束扫描的基础上，再在显像管 R、G、B 阴极加图像信号，该信号使电子束电流强弱按照图像信号的规律性进行变化，使荧光屏重现图像。



显像原理如图 4-1 所示。显像管电子束电流与栅阴电压 V_{GK} 之间的关系曲线称为调制曲线，要求 V_{GK} 为负电压值。 V_{GK} 越负，电子束电流越小，光栅越暗。在实际应用中，栅极都接地，阴极加图像信号，阴极电压越高，电子束电流越小，光栅越暗。

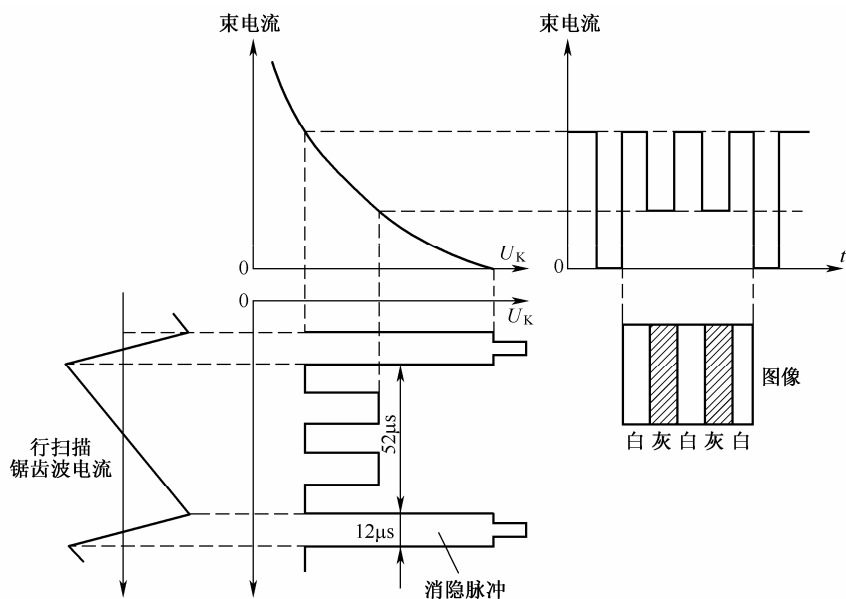


图 4-1 显像管显像原理

图像信号是一行一行的电压信号，在一行 $64\mu s$ 周期内，其中 $52\mu s$ 正程期为代表图像明暗变化的明暗信号， $12\mu s$ 逆程期为行消隐黑电平脉冲。规定当电子束作水平正程扫描时，加到阴极的是图像明暗信号；当电子束作水平逆程扫描时，加到阴极的是行消隐脉冲，这就是所谓的“同步”。消隐脉冲的作用是使电子束在逆程扫描期间截止，以免荧光屏产生行回扫线。要求消隐脉冲的幅度要足够大，应超过使电子束截止所需的阴极电压。另外，在场逆程扫描期间，也应该在显像管阴极加上场消隐脉冲，以免产生场回扫线。

若显像管 R、G、B 阴极信号均为图 4-1 所示波形，则屏幕重现一幅“白灰白灰白”直条静止图像的信号，当白信号到来时，R、G、B 电子束电流很大；当灰信号到来时，R、G、B 电子束电流较小；当消隐脉冲到来时，R、G、B 电子束截止。如果每场、每行都是如此扫描，荧光屏将显示出一幅“白灰白灰白”的直条静止图像。

如果加到显像管阴极的各场图像信号内容相关渐变，则人眼就会感到图像连续活动。

2. 扫描技术参数

我国电视广播国家标准规定，一秒钟发送 25 幅图像信号，一幅的专业术语叫一帧，每帧又由 625 行扫描线组成，每帧分两场隔行扫描，每场由 312.5 行扫描线组成。扫描技术参数如下：

行频： $f_H=15625\text{Hz}$

行周期： $T_H=1/f_H=64\mu s$

行正程扫描时间： $T_{Ht}=52\mu s$

行逆程扫描时间： $T_{Hr}=12\mu s$



场频: $f_V=50\text{Hz}$
场周期: $T_V=1/f_V=20\text{ms}$
场正程扫描时间: $T_{Vt}=18.388\text{ms}=287T_H+20\mu\text{s}$
场逆程扫描时间: $T_{Vr}=1.612\text{ms}=25T_H+12\mu\text{s}$

每帧图像的扫描线越多, 图像的垂直方向像素也越多, 图像的垂直清晰度也越高。由于人眼在一定距离内分辨图像细节的能力有限, 因此每帧行数过多也没有必要。

3. 隔行扫描

如果在一帧图像中的 625 行, 电子束一行接一行地扫描, 这种扫描称为逐行扫描, 如图 4-2 (a) 所示。隔行扫描就是将一帧图像分为两场扫描, 先扫描 1、3、5、...行, 称为奇数场, 再扫描 2、4、6、...行, 称为偶数场, 如图 4-2 (b) 所示。

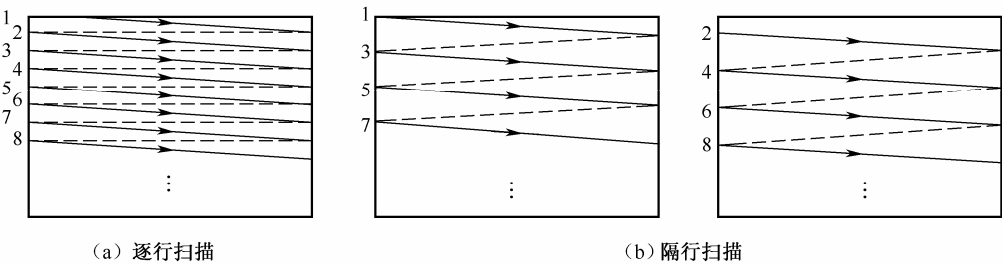


图 4-2 逐行扫描与隔行扫描

4.1.2 全电视信号

全电视信号又称为视频 (VIDEO) 信号, 它由图像信号、复合消隐信号、复合同步信号三部分组成, 其中一行全电视信号如图 4-3 所示, 一帧全电视信号如图 4-5 所示。

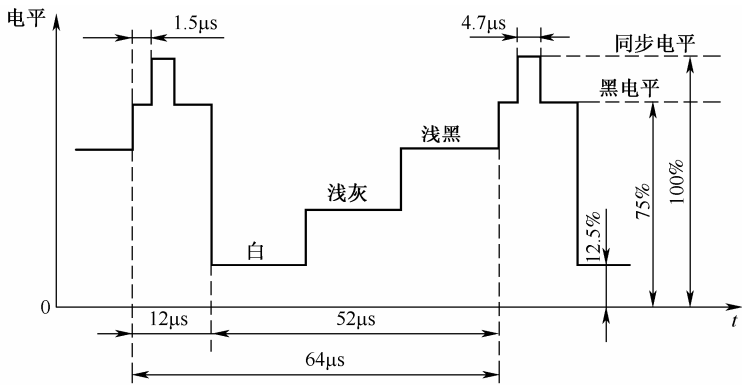


图 4-3 一行全电视信号

1. 图像信号

图像信号反映图像内容, 它由摄像管行正程扫描产生, 规定 75%为黑色电平, 12.5%为白色电平, 一行时间宽度为 $52\mu\text{s}$ 。图 4-3 是有规则的图像信号, 它是白、浅灰、浅黑垂直条图像的信号。对于不规则的图像, 信号波形就不规则了, 图像内容越复杂, 信号的频率成分



越丰富,我国图像信号的频率范围是 $0\sim 6\text{MHz}$ 。

2. 复合消隐信号

复合消隐信号是一种脉冲信号,它包括行消隐脉冲与场消隐脉冲。行消隐脉冲的作用是消除水平回扫线,使显像管电子束在行逆程扫描期间截止。行消隐脉中的宽度为 $12\mu\text{s}$,电平为 75% 黑电平,周期为 $64\mu\text{s}$ 。

场消隐脉冲的作用是消除垂直回扫线,使显像管电子束在场逆程扫描期间截止。场消隐脉冲的宽度为 1.612ms ($25T_H+12\mu\text{s}$),电平为 75% 黑电平,周期为 20ms 。

3. 复合同步信号

复合同步信号也是一种脉冲信号,它包括行同步脉冲与场同步脉冲。所谓同步就是指显像管偏转线圈中的扫描必须与加到显像管阴极上的全电视信号同步。也就是说,当行消隐脉冲到达,电子束刚好作行逆程扫描;当图像信号到达,电子束刚好作行正程扫描;当场消隐脉冲到达,刚好作场逆程扫描。

同步包括频率同步与相位同步,若行扫描频率不良,荧光屏上的图像就变成了向左下方或向右下方倾斜的黑白相间条纹,如图 4-4 (b)、(c) 所示。若行扫描频率同步但行相位不同步,则行消隐脉冲到达时,偏转线圈也在作正程扫描,于是荧光屏出现一条垂直消隐黑带,如图 4-4 (d) 所示。若场扫描频率不同步而行扫描同步良好,则荧光屏上的图像就会向上或向下移动,向上移动是场频偏低,向下移动是频率偏高,移动速度越快表明场频偏差越大,如图 4-4 (e) 所示。若场频同步但场相位不同步,此时图像不会上下移动,但场消隐信号也会显示在屏幕上,如图 4-4 (f) 所示。

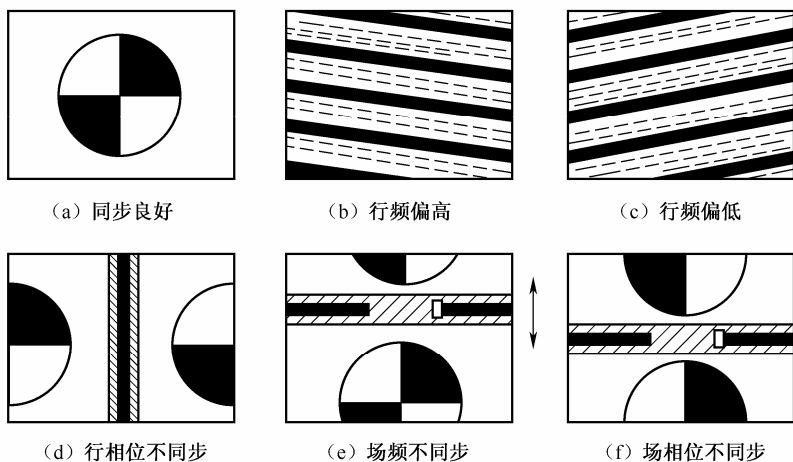


图 4-4 不同步引起的屏幕现象

为了实现电视接收机中的扫描同步,必须发送行、场同步脉冲。行同步脉冲宽度为 $4.7\mu\text{s}$,周期为 $64\mu\text{s}$,叠加在消隐电平上发送,行同步脉冲前沿与行消隐脉冲前沿之间间距为 $1.5\mu\text{s}$,电平为 100%。场同步脉冲宽度为 $160\mu\text{s}$ ($2.5T_H$),叠加在场消隐电平上传送,它的前沿与场消隐前沿之间间距为 $2.5T_H$,电平为 100%。



4. 全电视信号

一帧全电视信号波形如图 4-5 所示。从第 1 行到第 312.5 行为第一场（奇数场），场同步从第 1 行开始发送，宽度为 2.5 行，场消隐脉冲的宽度为 $25T_H+12\mu s$ 。从第 312.5 行到第 625 行为第二场（偶数场），场同步从第 312.5 行开始发送，宽度为 2.5 行。

为了在场同步脉冲发送期间，行同步脉冲不丢失，在场同步脉冲内开了 5 个小凹槽，用凹槽的后沿代表这一期间的行同步脉冲，凹槽的宽度为 $4.7\mu s$ ，间隔为 $T_H/2$ 。

另外，在场同步脉冲前后分别设置了 5 个均衡脉冲，称为前均衡脉冲和后均衡脉冲，均衡脉冲的宽度为 $2.35\mu s$ ，间隔为 $T_H/2$ 。如果不设立均衡脉冲，则第一场场同步前沿到其前面行同步脉冲的间距为 T_H ，而第二场场同步前沿到其前面行同步脉冲的间距仅为 $T_H/2$ ，间距上的差异将影响隔行扫描的准确性。设立均衡脉冲后，此差异就不存在了。

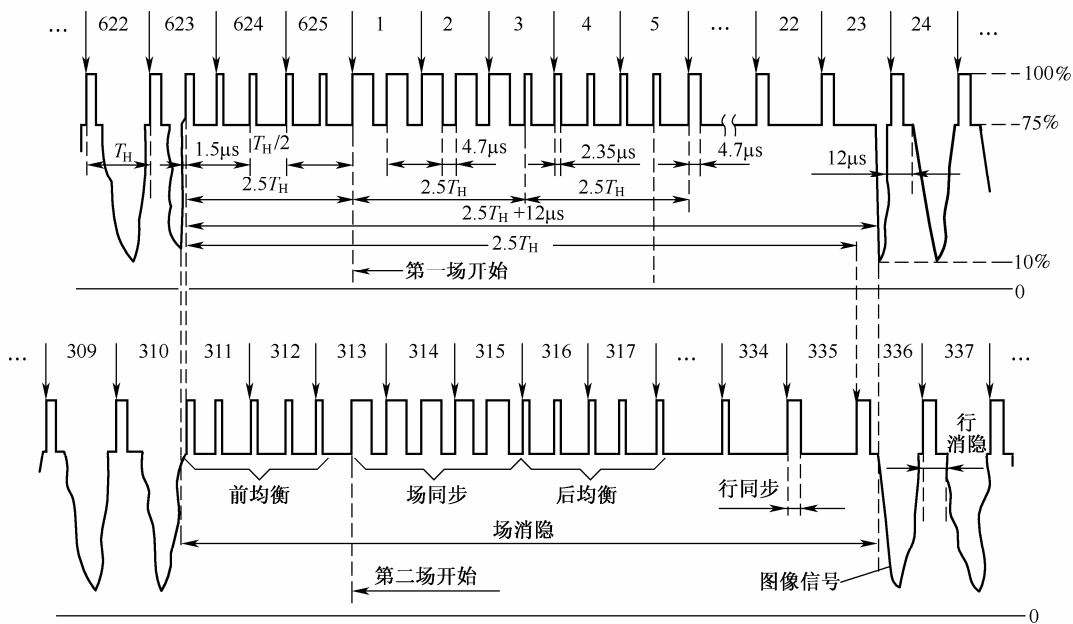


图 4-5 一帧全电视信号

4.1.3 电视信号的调制与频道划分

电视信号包括图像信号（全电视信号）和伴音信号，图像信号的频率范围是 $0\sim6\text{MHz}$ ，伴音信号的频率范围是 $20\sim20\text{kHz}$ 。根据天线理论，只有当天线的尺寸与信号的波长相近时，天线才能有效地发射或接收电磁波。音视频电视信号的频率不够高，波长太长，信号不能直接送往天线以电磁波的形式发射出去。只有将音视频电视信号对高频载波进行调制处理，使音视频电视信号变为高频电视信号，以减小信号波长，利于天线发射与接收。另外，不同的电视台，可选用不同的载波频率，即选用不同的频道，这样便于接收机选台。

1. 残留边带调幅

目前，图像信号均采用调幅方式发送，调幅就是使高频载波的幅度随图像信号变化而变化。因为图像信号的最高频率为 6MHz 。所以载波频率必须在 40MHz 以上。 $0\sim6\text{MHz}$ 的图



像信号对载波进行调幅后,调幅波的频谱如图 4-6 所示,除图像高频载波 f_p 外,还产生了上、下两个边带,上边带的最高频率为 $f_p+6\text{MHz}$,下边带的最低频率为 $f_p-6\text{MHz}$ 。可见高频图像信号的双边带频宽为 12MHz 。要传送频带如此宽的信号,会使电视设备复杂、昂贵,另外又使得在一定频段内可设置的频道数量减小。

由于调幅波上、下两个边带所反映的图像信号内容完全一样,为了减小频带,只要发送调幅波的上边带或下边带即可。这样只发送一个边带的方式叫单边带方式。但要将上边带或下边带刚好滤除是非常困难的。我国电视制式规定,除发送上边带外,还发送 $0\sim 0.75\text{MHz}$ 的下边带,即 $0\sim 0.75\text{MHz}$ 低频图像信号仍采用双边带方式发送, $0.75\sim 6\text{MHz}$ 高频图像信号采用单边带方式发送,这种发送方式又称为残留边带调幅发送方式,其频谱如图 4-6 所示。

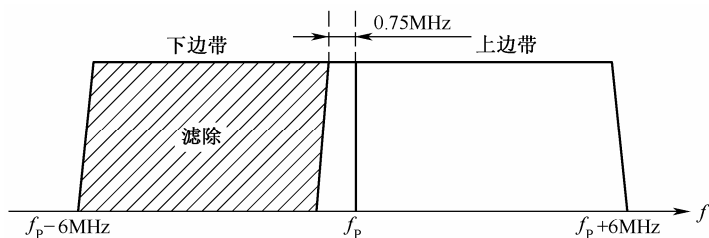


图 4-6 残留边带调幅频谱

2. 负极性调幅

图像信号对高频载波的调幅又分为正极性调幅和负极性调幅,如图 4-7 所示。

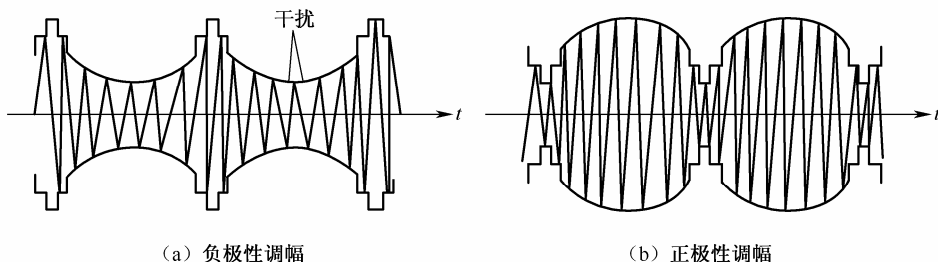


图 4-7 图像调幅波形

所谓正极性调幅就是指画面越亮时调幅波的振幅越大,所谓负极性调幅就是指画面越亮时调幅波的振幅越小。负极性调幅具有节省发射功率等优点,目前各国电视广播都采用负极性调幅,我国也是如此。

3. 伴音信号的调制

伴音信号采用调频方式发送,所谓调频,就是用音频信号去控制高频载波的频率,使载波的频率随音频信号变化而变化,如图 4-8 所示。当音频正弦波振幅作正半周变化时,高频载波的频率 f_s 也作正弦规律增加;当音频正弦波振幅作负半周变化时,高频载波的频率 f_s 也作正弦规律减小。

由于调频波的频谱十分复杂,调频波的有效频宽 B 近似计算公式为:

$$B=2\times(\Delta f+F_{\max})$$



式中， Δf 为调频波的最大频偏，我国规定 $\Delta f=50\text{kHz}$ 。 F_{max} 为电视音频信号的最高频率，我国规定 $F_{\text{max}}=15\text{kHz}$ ，于是伴音调频信号的带宽B为：

$$B=2\times(50+15)=130\text{kHz}$$

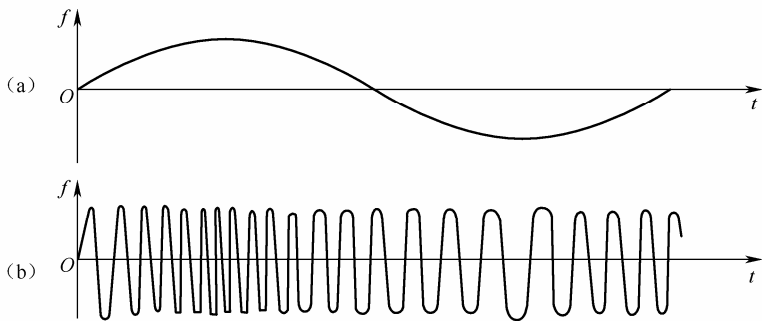


图 4-8 调频波波形

为留有余量，我国规定伴音频宽为 250kHz。为了与高频图像信号频谱不重叠而又接近，规定每个频道的伴音载频 f_s 比图像载频 f_p 高出 6.5MHz。为了提高伴音高频端的信噪比，调频前先对伴音信号进行预加重处理（提升高音），即人为地提升伴音高音分量的幅度，预加重时间常数为 50μs。

调频伴音信号与调幅图像信号混合在一起，统称为高频电视信号，其频谱结构如图 4-9 所示。以 4 频道为例，图像载频 f_p 为 77.25MHz，伴音载频 f_s 为 83.75MHz，频道宽度为 8MHz，频率范围为 76~84MHz。

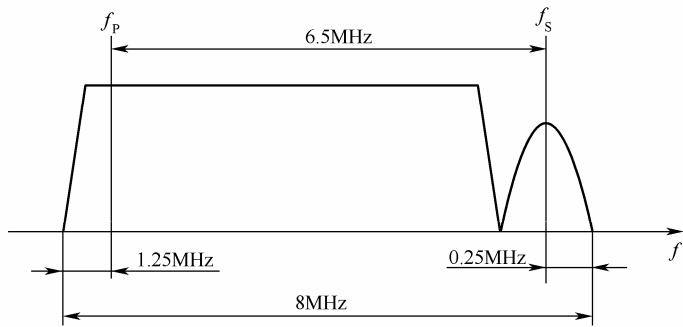


图 4-9 高频电视信号频谱结构

4. 频道划分

我国电视频道划分如表 4-1 所示，每个电视频道带宽为 8MHz，所以相邻频道的图像载频（或伴音载频）相差 8MHz。

电视广播共分为 4 个波段，即 I、III、IV、V 波段。I 波段频率范围为 48.5~92MHz，可接收 1~5 频道；III 波段频率范围为 165~223MHz，可接收 6~12 频道；III 波段频率范围为 470~566MHz，可接收 13~24 频道；V 波段频率范围为 606~958MHz，可接收 25~58 频道。I 波段和III波段又统称为甚高频（VHF）波段，VHF 波段的信号波长为米波。IV 波段和 V 波段又统称超高频（UHF）波段，UHF 波段的信号波长为分米波。



表 4-1 我国电视频道划分

波 段	频 道	频率范围 /MHz	图像载 频/MHz	伴音载 频/MHz	波 段	频 道	频率范围 /MHz	图像载频 /MHz	伴音载 频/MHz
I 波段 (米波)	1	48.5~56.5	49.75	56.25	V 波段 (分米波)	34	678~686	679.25	685.75
	2	56.5~64.5	57.75	64.25		35	686~694	687.25	693.75
	3	64.5~72.5	65.75	72.25		36	694~702	695.25	701.75
	4	76~84	77.25	83.75		37	702~710	703.25	709.75
	5	84~92	85.25	91.75		38	710~718	711.25	717.75
III 波段 (米波)	6	165~175	168.25	174.75		39	718~726	719.25	725.75
	7	175~183	176.25	182.75		40	726~734	727.25	733.75
	8	183~191	184.25	190.75		41	734~742	735.25	741.75
	9	191~199	192.25	198.75		42	742~750	743.25	749.75
	10	199~207	200.25	206.75		43	750~758	751.25	757.75
	11	207~215	208.25	214.75		44	758~766	759.25	765.75
	12	215~213	216.25	222.75		45	766~774	767.25	773.75
IV 波段 (分米波)	13	470~478	471.25	477.75		46	774~782	775.25	781.75
	14	478~486	479.25	485.75		47	782~790	783.25	789.75
	15	486~494	487.25	493.75		48	790~798	791.25	797.75
	16	494~502	495.25	501.75		49	798~806	799.25	805.75
	17	502~510	503.25	509.75		50	806~814	807.25	813.75
	18	510~518	511.25	517.75		51	814~822	815.25	821.75
	19	518~526	519.25	525.75		52	822~830	823.25	829.75
	20	526~534	527.25	533.75		53	830~838	831.25	837.75
	21	534~542	535.25	541.75		54	838~846	839.25	845.75
	22	542~550	543.25	549.75		55	846~854	847.25	853.75
	23	550~558	551.25	557.75		56	854~862	855.25	861.75
	24	558~566	559.25	565.75		57	862~870	863.25	969.75
V 波段 (分米波)	25	606~614	607.25	613.75		58	870~878	871.25	877.75
	26	614~622	615.25	621.75		59	878~886	879.25	885.75
	27	622~630	623.25	629.75		60	886~894	887.25	893.75
	28	630~638	631.25	637.75		61	894~902	895.25	901.75
	29	638~646	639.25	645.75		62	902~910	903.25	909.75
	30	646~654	647.25	653.75		63	910~918	911.25	917.75
	31	654~662	655.25	661.75		64	918~926	919.25	925.75
	32	662~670	663.25	669.75		65	926~934	927.25	933.75
	33	670~678	671.25	677.75		66	934~942	935.25	941.75
						67	942~950	943.25	949.75
						68	950~958	951.25	957.75

4.1.4 电视信号接收电路

电视接收机简称为电视机，黑白电视机的典型电路结构如图 4-10 所示。下面简要介绍各单元电路的功能。

1. 高频调谐器

高频调谐器俗称高频头，其功能是变频与选台。黑白电视机多数采用机械式高频调谐器，



它由高放级、本机振荡级和混频级组成，并封装在一个金属屏蔽盒中，安装在电视机机壳前板，供用户选择频道。由天线接收到的或有线传输的高频电视信号，先送入高频调谐器，经高频放大后，在混频级中与本机振荡器产生的高频振荡信号进行混频，产生载频为 38MHz 的图像中频信号及 31.5MHz 的伴音中频信号输出，也就是将欲观看频道的高频电视信号变换成中频电视信号，这就是变频。改变本机振荡的频率就可以实现选择频道。

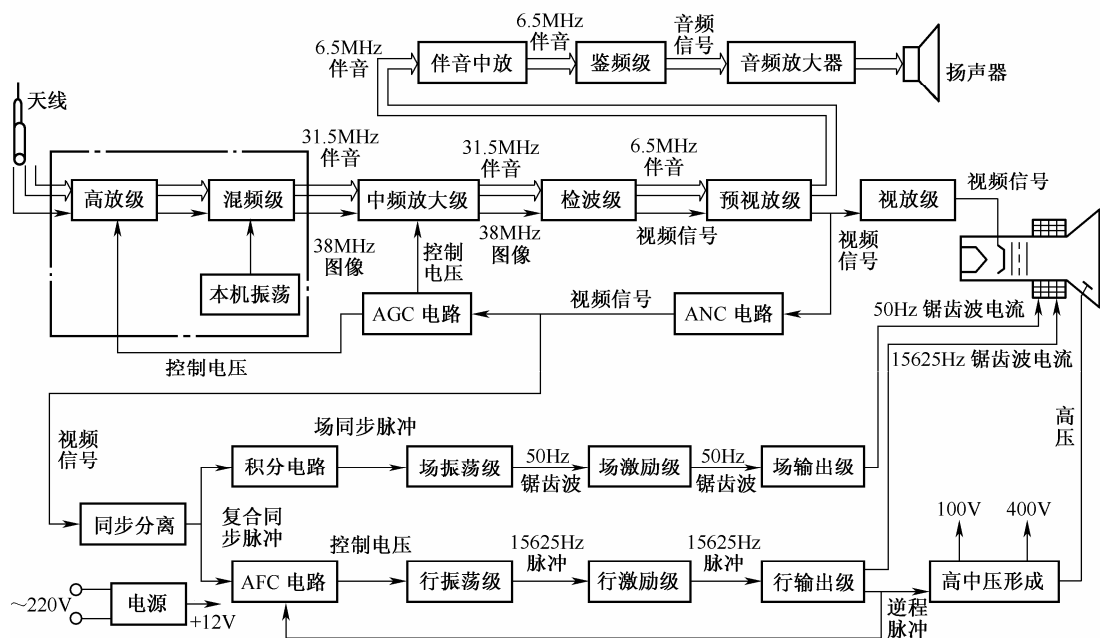


图 4-10 黑白电视机电路结构

2. 中频放大级

中频放大级的功能是选频与放大，中频放大器一般由三级放大组成，它专门放大高频调谐器输出的微弱的中频电视信号，而不放大其他频率的信号。中频放大器的增益一般为 $60\sim 80\text{dB}$ ，电视机的接收灵敏度主要取决于中频放大器的增益，电视机的选择性主要取决于中频放大器的选择性。

3. 视频检波级

视频检波级有两个功能，一是从 38MHz 图像信号调幅波中检出视频信号，二是将 31.5MHz 伴音中频信号与 38MHz 图像中频信号进行一次混频，以产生 6.5MHz 的差频信号，此信号又称为第二伴音中频信号，它仍然是一个调频信号。

4. 视频放大级

视频放大级包括预视放级和视频输出放大级。预视放级的功能是对检波级输出的视频信号进行缓冲放大，并将第二伴音中频信号与视频信号相互分离。视放输出级的功能是将视频信号放大到几十伏峰-峰的幅度，然后加到显像管的阴极，以控制电子束电流的强弱，使荧光屏重现图像。



5. 伴音通道

伴音通道由伴音中频放大级、鉴频级、音频放大级组成。伴音中频放大级的功能是对 6.5MHz 伴音第二中频信号进行选频放大；鉴频级的功能是从 6.5MHz 调频信号中解调出音频信号；音频放大级的功能是对音频信号进行电压和功率放大，最后推动扬声器以重现电视伴音。

6. ANC与AGC

ANC 是自动噪声抑制的英文缩写，又称为抗干扰电路，其功能是消除外界大幅度干扰脉冲，以免影响同步分离及 AGC 电路的正常工作。

AGC 是自动增益控制的英文缩写，它包括 AGC 检波、AGC 放大、AGC 延迟等电路，其功能是对中放级和高放级的增益进行自动控制，当接收强信号时，AGC 起控使增益下降，从而使检波输出的视频信号的幅度保持稳定。

7. 扫描电路

扫描电路又分为场扫描电路和行扫描电路。场扫描包括场振荡级、场激励级和场输出放大级。场振荡级的功能是产生 50Hz 锯齿波电压，场激励级的功能是对锯齿波电压进行激励放大，场输出级的功能是对锯齿波电压进行功率放大，最后为场偏转线圈提供幅度足够、线性良好的锯齿波电流。

行扫描电路包括行振荡级、行激励级、行输出级及高中压形成电路，其功能是为行偏转线圈提供频率为 15625Hz、幅度足够、线性良好的锯齿波电流，另外对行输出级产生的行逆程脉冲进行升压、整流、滤波，以便为显像管提供高压和各种中压。

8. 同步电路

同步电路包括同步分离、积分电路、AFC 电路。同步分离电路的功能是从视频信号中分离出复合同步脉冲。这是一种幅度分离法，它根据同步脉冲幅度最大这一特点，将同步脉冲从视频信号中切割出来。

积分电路就是宽度分离电路。因为场同步脉冲的宽度为 160μs，行同步脉冲的宽度为 4.7μs，积分电路就是根据这一特点从复合同步信号中分离出场同步脉冲，并对场振荡器进行触发同步。

AFC 是自动频率控制的英文缩写，AFC 电路是一个相位比较电路，它将行输出级送来的行逆程脉冲与行同步信号进行相位比较，如果相位有误差，便输出一个误差控制电压对行振荡器的频率和相位进行控制，以确保行扫描同步。

4.1.5 色度学知识

1. 光与彩色

由光学理论可知，光是一种以电磁波形式存在的物质，能引起人眼视觉反映的光称为可见光，它是波长为 380~780nm（毫微米）范围内的电磁波。

不同波长的光入射到人眼会引起不同的颜色感觉，如 400nm 左右波长的光，给人以紫色的感觉，而 700nm 左右波长的光，给人以红色的感觉。380~780nm 波长范围内的光，其颜色按红、橙、黄、绿、青、蓝、紫次序排列，如表 4-2 所示。如果将所有波长的光均等地混合在一起，则给人以白色的感觉。



表 4-2 光的波长与颜色的关系

颜 色	红	橙	黄	绿	青	蓝	紫
波长 (nm)	630~780	600~630	580~600	510~580	490~510	430~490	380~430

2. 彩色三要素

彩色光可用亮度、色调、色饱和度三个物理量来描述，这三个物理量又称为彩色三要素。

亮度：是指光的作用强弱，它由光的辐射功率及人眼视敏度特性决定。

色调：是指光的颜色，由作用到人眼的入射光波长成分决定。

色饱和度：是指彩色的浓淡，与掺白光的多少有关。

在上述三个要素中，亮度是基础，没有亮度也就没有色饱和度。黑白电视广播只传送了三要素中的亮度要素，彩色电视广播不但要传送亮度要素，而且还要传送色调和色饱和度要素。

色调与色饱和度又统称为色度，彩色电视与黑白电视相比较，就是增加了一个色度信号。饱和度最高为纯色，即饱和度为 100%，白光的色饱和度为零。

3. 视觉特性

1) 亮度特性。对于同一波长的光，当光的辐射功率不同时，则给人的亮度感觉也不同。但如果辐射功率相同而波长不同，则给人的亮度感觉也是不同的。这种不同，通常用相对视敏度曲线来表示，如图 4-11 所示。

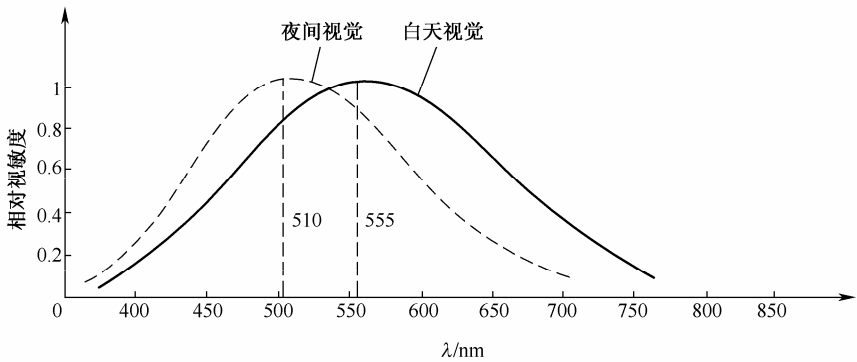


图 4-11 相对视敏度曲线

从图中可以看出，夜间视觉对 510nm 波长的光最敏感，白天视觉对 555nm 波长的黄绿光最敏感。需要指出的是，对于不同的人，相对视敏度曲线会稍有差异。

2) 彩色分辨力特性。当我们仔细观察一幅彩墨画时，会发现彩墨画的轮廓细节是用墨笔仔细勾划的，而彩色只是大面积粗略涂绘而已。这说明，人眼对彩色细节的分辨力比对黑白亮度的分辨力要低。根据这一特性，彩色电视广播用 0~6.0MHz 宽带来传送亮度信号，用 0~1.3MHz 窄带来传送色度信号，这就像大面积着色的绘画方法一样，同样能获得令人满意的彩色图像。

3) 彩色视觉的非单值性。每种特定波长的光波都能引起一种特定的色调感觉，但是波长与色调之间并不存在着——对应关系。例如，波长为 600nm 的光波能引起人眼黄色感觉，但当 750nm 波长的红光和 550nm 波长的绿光共同作用于人眼时，同样会引起黄色感觉。例如，当不同波长的红、绿、蓝单色光以适当的比例混合，可以使人眼获得白色感觉。以上事



实说明,虽然特定波长的光波能使人眼产生特定的色调,但却不能反过来根据人眼的色调感觉去判断光的波长,这一特性就称为人眼彩色视觉的非单值性。

4. 三基色原理

三基色原理是色度学的基础理论之一,也是实现彩色电视广播的理论根据。其主要内容是:自然界几乎所有的彩色,都可以用三种基色光按一定的比例混合产生;反之,自然界中的所有彩色,都可以分解为三种基色光。需要说明的是,三种基色的选择不是唯一的,但要求相互独立,即其中一种基色不能由其他二种基色混合产生。在彩色电视系统中,选用红、绿、蓝作为三基色。

三基色与混合色的关系是:

- 1) 三种基色的混合比例,决定混合色的色调与色饱和度。
- 2) 混合色的亮度等于参与混合的各个基色的亮度之和。

三基色原理是实现彩色电视广播的理论根据,传送了三基色信号,也就是传送了图像中的彩色三要素信息。在发送端,利用彩色摄像机将自然界彩色光分解为红、绿、蓝三基色光,并转换成三基色信号。在接收端,彩色显像管均匀地涂有红、绿、蓝三种荧光粉,如果红、绿、蓝荧光粉按三基色信号规律发光,就能重现彩色图像。

5. 混色的方法

如果在白色屏幕上投射红、绿、蓝三基色光,如图4-12所示,在红、绿、蓝光束之间重叠处,有下列混合色调产生:

红光+绿光=黄光

绿光+蓝光=青光

蓝光+红光=紫光

红光+绿光+蓝光=白光

混合的方法有直接混色法、空间混色法、时间混色法等。

直接混色法就是把三基色光按不同的比例投射在一个全反射的白色幕布上。彩色投影电视机就是根据这种混色法来重视彩色图像的。

空间混色法,是指当三基色光点很小而且间距很近,由于人眼视觉分辨力有限,在一定距离上观看,分辨不出这些光点时,就会产生三基色混合的色调感觉。现代彩色显像管就是根据空间混色法来重现彩色图像的,在显像管荧光屏上涂布着40余万组红、绿、蓝荧光粉点,这些荧光粉由红、绿、蓝电子束对应轰击发光,由此产生丰富多彩的彩色图像。

时间混合法,是指如果让三种基色光按一定时间顺序轮流快速地出现,由于人眼的残留视觉特性,看到的是三基色光的混合色调。这种混合法曾应用于初期的顺序制彩色电视系统。

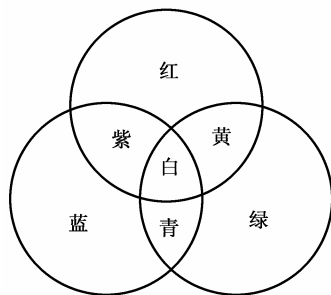


图4-12 相加混色

4.1.6 基色信号、亮度信号与色差信号

1. 基色信号

根据三基色原理,要实现彩色电视广播,首先要将一幅发送的彩色画面分解为红、绿、蓝三基色信号,这可以通过彩色摄像机中的分光光学系统来完成,如图4-13所示。

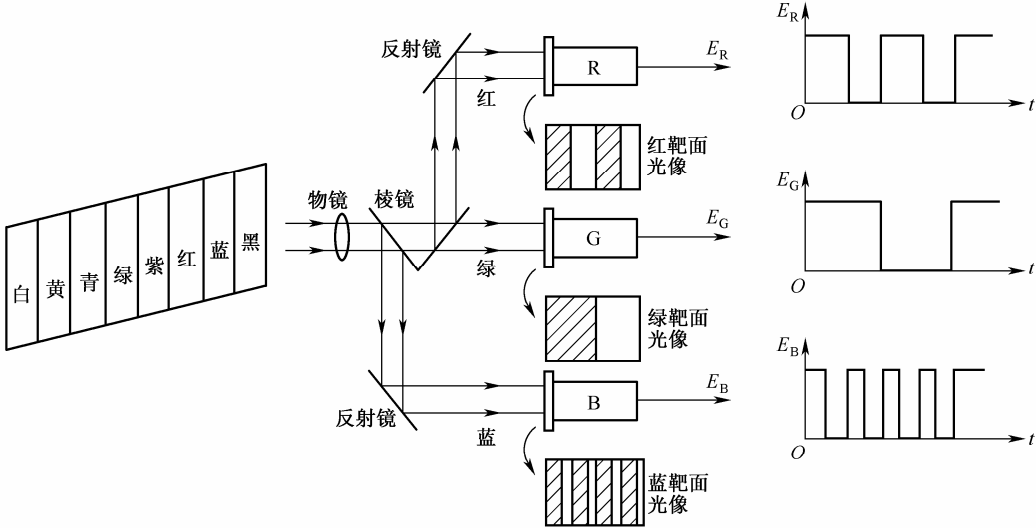


图 4-13 图像三基色的分解

假如摄像机所摄取的是白、黄、青、绿、紫、红、蓝、黑彩条图像，则进入物镜的彩色光被棱镜与反射镜分解为红、绿、蓝三种基色光。三种基色光进入相应的摄像管靶面，三支摄像管的电子束同步地在自己的靶面上扫描，把基色光变化转换成红（R）、绿（G）、蓝（B）电信号。

在接收端，利用彩色显像管使三基色光像混合成原彩色图像，如图 4-14 所示。三基色信号作用于显像管红、绿、蓝阴极上，以便对阴极发射的电子束强弱进行调制，红、绿、蓝电子束在偏转磁场作用下同时发生左右、垂直方向上的偏转扫描，并各自击中相应的红、绿、蓝荧光粉，使屏幕出现原彩色图像。

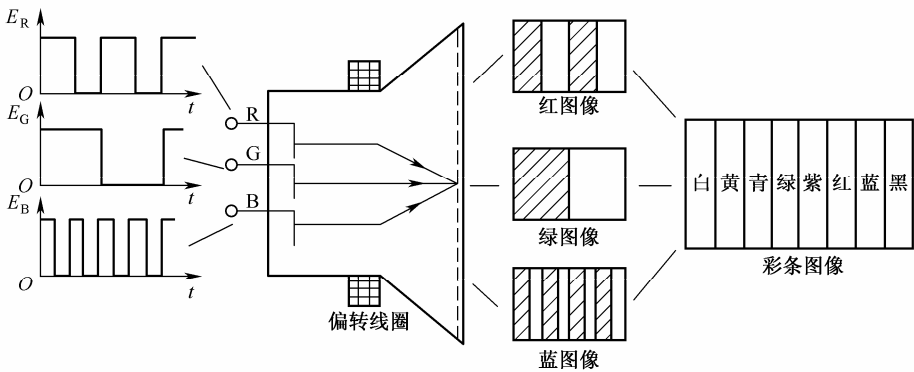


图 4-14 彩色图像的复原

2. 兼容制及其要求

利用彩色摄像机、彩色显像管可以实现图像的三基色分解与复原。那么用什么方法来传送三基色信号？

在电视广播发展初期，人们试验过三通道同时制及单通道顺序制传送方法。所谓三通道



同时制是指,采用三套发射设备及三套接收设备来传送红、绿、蓝三基色信号。所谓单通道顺序制是指,采用一套发射设备及一套接收设备,按顺序轮流传送红、绿、蓝三基色信号。这两种方法最大的缺陷是,它不是兼容的传送方法。

所谓电视兼容,是指彩色电视系统与黑白电视系统可以相互收看。也就是说,黑白电视接收机不但能够收看黑白电视节目,也可以收看彩色电视节目,当然图像均为黑白;彩色电视接收机不但能够收看彩色电视节目,也能够收看黑白电视节目,当然前者图像有彩色,后者图像无彩色。

能够实现彩色电视系统与黑白电视系统可以相互收看的彩色电视制式,称为兼容制制式。彩色电视广播是在黑白电视广播的基础上发展起来的,为实现兼容,必须满足下列要求。

1) 继续采用黑白电视广播中的一切技术规定。如场频为 50Hz,行频为 15625Hz,隔行扫描,视频带宽为 0~6MHz,伴音采用调频,图像采用残留边带调幅等。

2) 继续保留黑白电视广播中的一切信号。黑白电视广播中有图像信号、伴音信号、同步信号与消隐信号。彩色电视广播必须将三基色信号转换成一个能重现黑白图像的亮度信号,便于黑白电视接收机也能收看。

3) 传送一个色度信号。这个色度信号(色调与色饱和度)对彩色电视接收机来说,起着屏幕着色作用,对黑白电视接收机来说,该色度信号当然是多余的,这就要求色度信号对黑白电视接收机不会构成使人眼易察觉的干扰。

3. 亮度信号

为了实现兼容,彩色电视广播必须传送一个亮度信号。由于彩色摄像机产生的是红、绿、蓝三基色,那么怎样来产生一个亮度信号呢?根据三基色与三要素的关系可知,混合光的亮度为三基色光的亮度之和。又根据人眼相对视敏度特性可知,红、绿、蓝三基色信号中的亮度成分又是不一样的,视敏度高的基色(如绿色)含有的亮度成分多一些。规定红、绿、蓝亮度成分比例是 0.30(红):0.59(绿):0.11(蓝)。比例系数的确定与规定的标准白光有关,与红、绿、蓝荧光粉的选择也有关。这就是说,红基色信号(E_R)、绿基色信号(E_G)、蓝基色信号(E_B)可按这个比例混合,可获得一个亮度信号(E_Y),即亮度方程式为:

$$E_Y=0.30E_R+0.59E_G+0.11E_B$$

4. 色差信号

在彩色电视广播中,传送的不是三基色信号,而是亮度信号和色差信号。色差信号就是基色信号与亮度信号之差,即:

$$E_{R-Y}=E_R-E_Y$$

$$E_{G-Y}=E_G-E_Y$$

$$E_{B-Y}=E_B-E_Y$$

式中, E_{R-Y} 为红色差信号, E_{G-Y} 为绿色差信号, E_{B-Y} 为蓝色差信号。

由于亮度信号已从三基色中抽离出来单独传送,若再传送基色信号,因基色信号中含有亮度成分,则势必造成亮度成分传送的重复。色差信号不含有亮度成分,仅代表了色调与色饱和度,因而应传送色差信号。

以传送彩条图像为例,亮度信号与色差信号波形如图 4-15 所示。在三个色差信号中,相互之间并不是独立的,其中某一个色差信号可以由另外两个色差信号按特定的比例混合产

$$\begin{aligned}
 E_Y &= 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B \\
 0.30E_Y + 0.59E_Y + 0.11E_Y &= 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B \\
 0.30(E_R - E_Y) + 0.59(E_G - E_Y) + 0.11(E_B - E_Y) &= 0 \\
 0.30E_{R-Y} + 0.59E_{G-Y} + 0.11E_{B-Y} &= 0
 \end{aligned}$$

在实际彩色电视广播中，只传送了 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 两个色差信号，而 E_{G-Y} 色差信号不传送， E_{G-Y} 色差信号将来在接收机中按下式混合产生：

$$E_{G-Y} = -E_{G-Y} = -\frac{0.30}{0.59}E_{R-Y} - \frac{0.11}{0.59}E_{B-Y} = -0.51E_{R-Y} - 0.19E_{B-Y}$$

因式子中的系数 0.51、0.19 均小于 1，故 E_{G-Y} 可用简单的电阻衰减式矩阵就可以复原。

亮度信号、色差信号形成电路如图 4-15 所示。

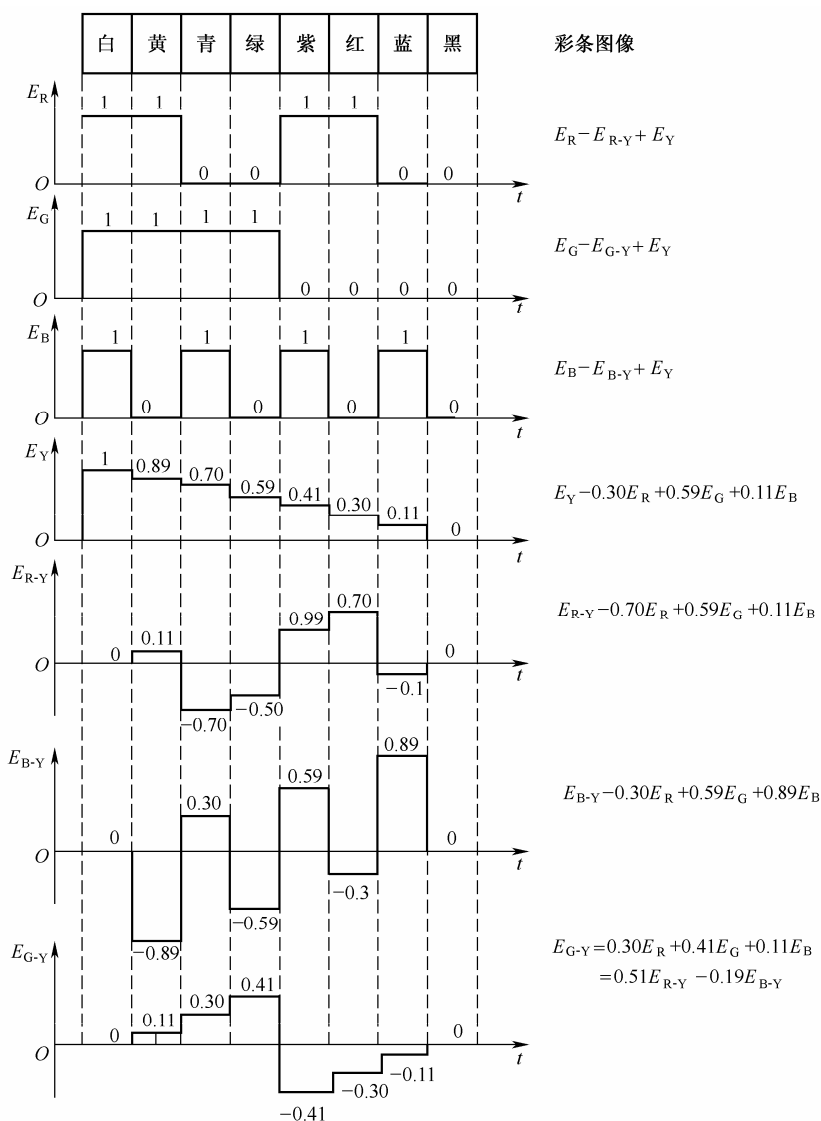


图 4-15 亮度信号、色差信号波形

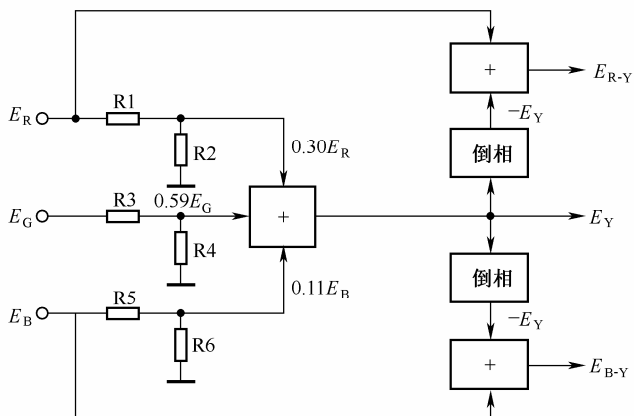


图 4-16 亮度信号、色差信号形成电路

5. 三基色信号的复原

目前彩色电视广播均传送 E_Y 、 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 三个信号，在电视接收机中要复原出 E_R 、 E_G 、 E_B 三基色信号也是很方便的，复原电路如图 4-17 所示。首先利用 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 信号来混合成 E_{G-Y} 信号，然后将 E_{R-Y} 、 E_{G-Y} 、 E_{B-Y} 三个色差信号分别与 E_Y 信号相加，就方便地获得了 E_R 、 E_G 、 E_B 三基色信号。

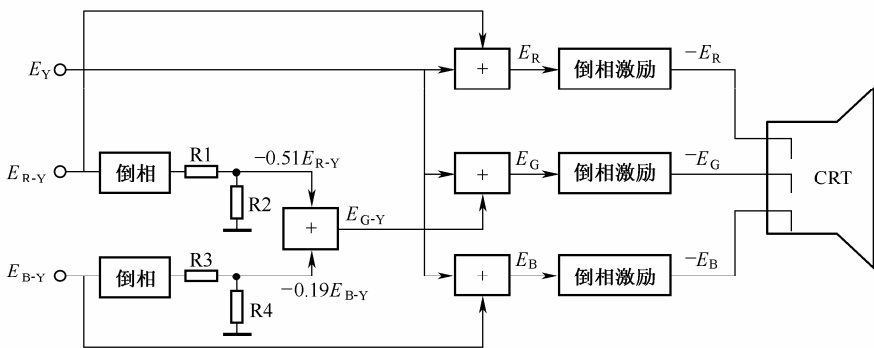


图 4-17 三基色信号复原电路

传送一个亮度信号及两个色差信号，就满意地解决了兼容问题。为了不使色差信号对黑白电视画面形成干扰，为了使两个色差信号和一个亮度信号在同一个 $0\sim 6\text{MHz}$ 带宽通道内互不干扰地传送，必须对两个色差信号进行编码处理。NTSC 制处理方法是正交平衡调幅，PAL 制处理方法是逐行倒相正交平衡调幅，SECAM 制处理方法是调频且轮行传送。

4.1.7 PAL制编码

PAL 制是 1962 年德国德律风根 (Telefunken) 公司研制成功的兼容制彩色电视制式，PAL 是逐行倒相 (Phase Alternation by Line) 的英文缩写。它对 E_{B-Y} 、 E_{R-Y} 两个色差信号的处理方法是“逐行倒相正交平衡调幅”。采用 PAL 制作为彩色电视广播的国家有德国、中国、英国及西欧一些国家。PAL 制编码如图 4-18 所示。

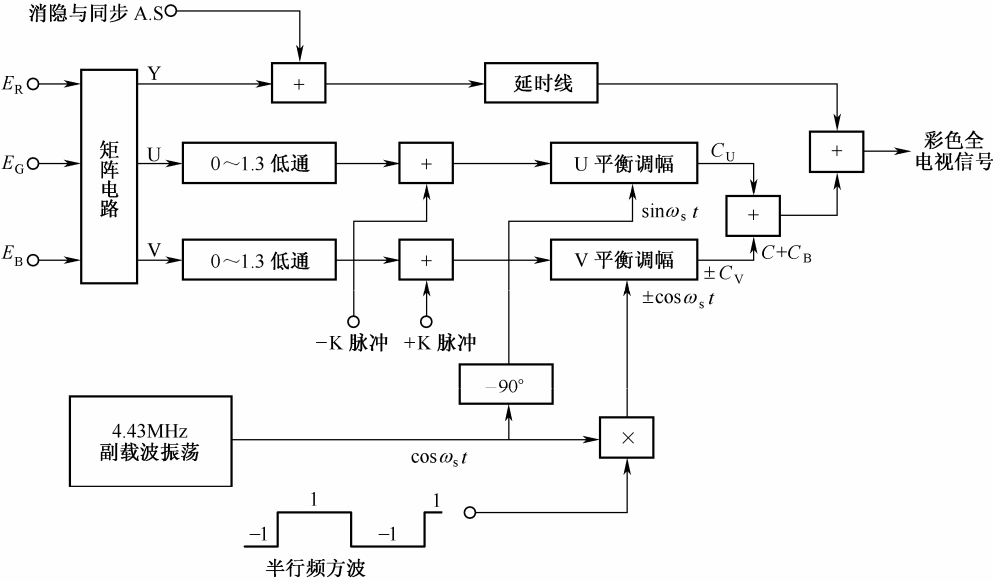


图 4-18 PAL 制编码

1. 色差信号的幅度压缩

色差信号 E_R 、 E_G 、 E_B 信号送入矩阵电路，除产生 E_Y 、 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 三个信号外，还要对 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 两个色差信号进行幅度压缩，其中 E_{R-Y} 的压缩系数为 0.877， E_{B-Y} 的压缩系数为 0.493，压缩后的色差信号分别称为 U 、 V 信号，即

$$U=0.493E_{B-Y}, V=0.877E_{R-Y}$$

如果不对色差信号进行幅度压缩，则势必引起编码产生的彩色全电视信号幅度过大，这就破坏了兼容性，易产生信号失真。

2. 色差信号的频带压缩

由于人眼对彩色细节的分辨力低于对黑白亮度细节的分辨力，为了节省频带，应该对色差信号的频带进行压缩，即用 0~1.3MHz 窄带来传送色差信号，用 0~6MHz 宽带来传送亮度信号。这种方法又称为大面积着色法。

3. 平衡调幅

为实现兼容，色差信号要对副载波进行调幅处理，以便将色差信号频谱移到副载波两侧。由于普通调幅的波形幅度太大，必须采用平衡调幅。平衡调幅就是在普通调幅的基础上滤去载波成分。普通调幅波的数学表达式为 $(U+1) \sin \omega_s t$ ，当滤去副载波成分后，平衡调幅波的数学表达式为 $U \sin \omega_s t$ 。平衡调幅就是色差信号 U 与副载波 $\sin \omega_s t$ 相乘，平衡调幅电路就是一个乘法电路。副载波频率选为 $f_s=283.75f_H+25\text{Hz}=4.43361875\text{MHz} \approx 4.43\text{MHz}$ 。

平衡调幅波的振幅与调制信号有关，与载波振幅无关，采用平衡调幅的目的是为了减小振幅，这可极大地减轻副载波对屏幕黑白图像的干扰，平衡调幅波的缺点是解调复杂。

4. 正交平衡调幅

由于色差信号有两个，故在平衡调幅时， U 色差信号对 $\sin \omega_s t$ 副载波进行平衡调幅， V 色差信号对 $\cos \omega_s t$ 副载波进行平衡调幅， $\sin \omega_s t$ 与 $\cos \omega_s t$ 相差 90° ，相互垂直，彼此不影响，



这就是“正交”的意思。正交的目的是，当 $U\sin\omega_s t$ 和 $V\cos\omega_s t$ 两个平衡调幅波混合后，使今后在接收机中能根据其相位正交这个特点，来实现两者的相互分离。

将 $U\sin\omega_s t$ 信号与 $V\cos\omega_s t$ 信号相加混合后，就组成了一个 NTSC 制的色度信号 C ，即

$$\begin{aligned} C &= U \sin \omega_s t + V \cos \omega_s t \\ &= \sqrt{U^2 + V^2} \sin(\omega_s t + \varphi) \\ &= C_m \sin(\omega_s t + \varphi) \end{aligned}$$

式中， $C_m = \sqrt{U^2 + V^2}$ ； $\varphi = \arctan V/U$ 。 C_m 表示色度信号的振幅，代表着色饱和度要素， φ 表示色度信号的相位，代表着色调要素。

5. 逐行倒相

PAL 制对 $V\cos\omega_s t$ 信号进行逐行倒相传送，即 n 行为 $+V\cos\omega_s t$ ，第 $(n+1)$ 行为 $-V\cos\omega_s t$ ，第 $(n+2)$ 行又为 $+V\cos\omega_s t$ ，……PAL 制的色度信号简单地表示为

$$\begin{aligned} C &= U \sin \omega_s t \pm V \cos \omega_s t \\ &= \sqrt{U^2 + V^2} \sin(\omega_s t \pm \varphi) \\ &= C_m \sin(\omega_s t \pm \varphi) \end{aligned}$$

式中， $C_m = \sqrt{U^2 + V^2}$ ； $\varphi = \arctan V/U$ ； \pm 代表逐行倒相。

6. PAL 制色同步信号

为了使接收机振荡产生的副载波与 C 信号中的副载波同步，彩色电视广播必须再发送一个色同步信号，其作用是对接收机中的副载波振荡器进行锁相控制，以求得完全同步。

在图 4-18 所示的 PAL 制编码框图中， $-K$ 脉冲与 $\sin\omega_s t$ 副载波相乘，获得 180° 色同步信号； $+K$ 脉冲与 $\pm\cos\omega_s t$ 副载波相乘，获得 $\pm 90^\circ$ 逐行倒相色同步信号。两个平衡调幅器输出的色同步信号矢量相加，获得 $\pm 135^\circ$ 色同步信号，即

$$C_B = \frac{B}{2} \sin(\omega_s t \pm 180^\circ)$$

色同步信号在行消隐后肩传送，每一行消隐后肩迭加 9~11 个周期的 4.43MHz 色同步信号。

7. 彩色全电视信号的形成

彩色全电视信号由亮度信号、色度信号、色同步信号、同步与消隐信号组成。彩条图像的彩色全电视信号波形（未倒相行）形成过程如图 4-19 所示，有关计算如表 4-3 所示。

表 4-3 彩条图像的亮度、色度信号计算数据

彩 色	Y	U	V	C_m	φ	$Y \pm C_m$
白	1	0	0	0	—	1
黄	0.89	-0.436	0.100	0.448	167°	$0.45 \sim 1.33$
青	0.70	0.147	-0.615	0.632	283.5°	$0.07 \sim 1.33$
绿	0.59	-0.289	-0.515	0.591	240.7°	$0 \sim 1.18$
紫	0.41	0.289	0.515	0.591	60.7°	$-0.18 \sim 1.00$
红	0.30	-0.147	0.615	0.632	103.5°	$-0.33 \sim 0.93$
蓝	0.11	0.436	-0.100	0.448	347°	$-0.33 \sim 0.55$
黑	0	0	0	0	—	0

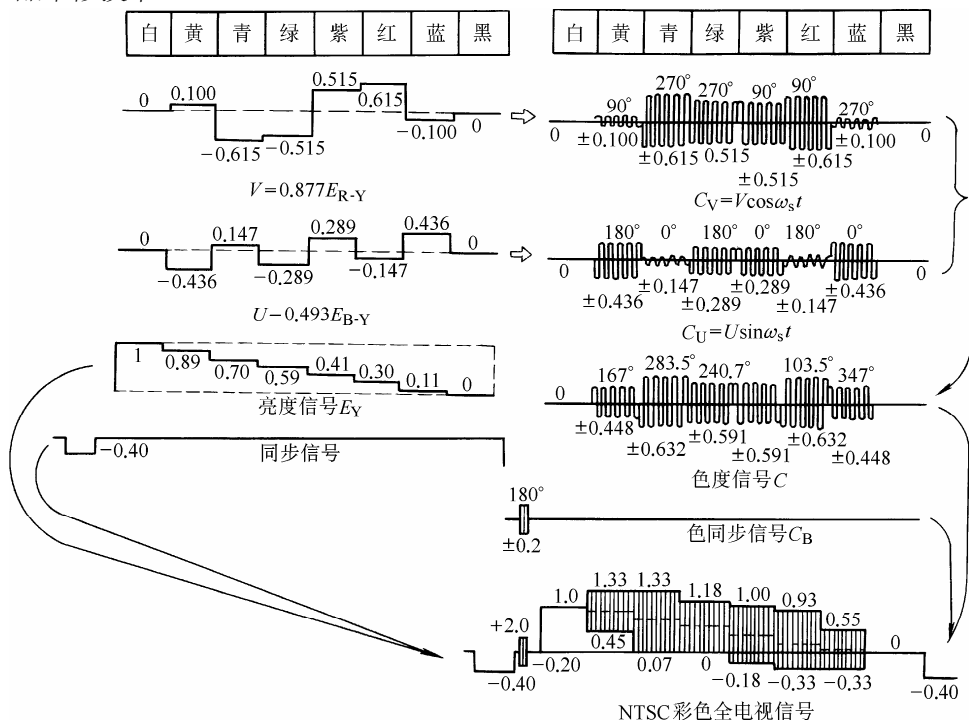


图 4-19 彩色全电视信号形成过程

任务 4-2 电视机整机电路认知与测试

学习 CRT-TV 维修技术，看懂 CRT-TV 整机电原理图是基础。CRT-TV 型号不同，其整机电原理图也有所不同。本任务以东芝 TA 两片机芯电视机整机电原理图为例，主要介绍图像通道、同步电路组成、原理及测试方法，以便为学习 CRT-TV 维修技术打基础。东芝 TA 两片机的解码、扫描、电源等其他电路已在项目 3 中介绍。

1. 学习目标

最终目标：会阅读、测试电视机整机电路。

促成目标：1) 熟悉高频调谐器电路组成及原理；

2) 熟悉中频通道电路组成及原理；

3) 熟悉亮度通道电路组成及原理；

4) 熟悉显像管座板电路组成及原理；

5) 熟悉同步电路组成及原理；

6) 会阅读 TA 两片机电原理图。

2. 活动设计

在 TA 两片机中测试调谐器、亮度通道、显像管座板电路（注：项目 3 已涉及内容不再测试），测试设计如下：



(1) 高频调谐器测试

1) 对高频调谐器 8 个引脚电压进行测试, 测试数据填入表 4-4 中。

表 4-4 高频调谐器引脚对地电压测试数据

测 试 点	BU	VT	BH	AGC	BL	AFT	BM	IF
VHF-L 波段 (V)								
VHF-H 波段 (V)								
UHF 波段 (V)								

2) 调谐控制电压测试。在彩色电视机调谐接收节目过程中, 用万用表测量高频调谐器 VT 端的电压, 其变化范围是_____V。

(2) 亮度通道测试

在彩色电视机接收彩条测试信号的情况下, 用示波器测量亮度电路相关引脚的信号波形; 测量结果填入表 4-5 中。

表 4-5 TA7698AP 亮度通道相关引脚的信号波形

测 量 点	波 形 名 称	实测信号波形
TA7698AP⑨	彩色全电视机信号	
TA7698AP⑫	彩色全电视机信号	
TA7698AP③	亮度信号	
TA7698AP⑬	亮度信号	

(3) 显像管座板电路测试

在彩色电视机接收彩条测试信号的情况下, 用示波器测量显像管座板电路相关引脚的信号波形; 测量结果填入表 4-6 中。

表 4-6 显像管座板电路相关引脚的信号波形

测 量 点	波 形 名 称	信 号 波 形
显像管座板⑤号连接线	B-Y 信号	
显像管座板⑥号连接线	G-Y 信号	
显像管座板⑦号连接线	R-Y 信号	
显像管座板⑧号连接线	-Y 信号	
显像管 R 阴极	-R 信号	
显像管 G 阴极	-G 信号	
显像管 B 阴极	-B 信号	

3. 相关知识

电视机的发展经历了从黑白电视机到彩色电视机、从非遥控彩色电视机到遥控彩色电视机、从小屏幕彩色电视机到大屏幕彩色电视机的发展历程。相关知识部分主要对东芝 TA 两片机整机电路进行分析, 其中伴音功放电路、开关电源电路、扫描电路、彩色解码电路、遥控电路已在项目 3 中介绍, 此处不再重复。



4.2.1 彩色电视机整机电路组成

1. 彩色电视机整机电路组成框图

彩色电视机虽然型号众多,但基本电路组成框图都可以用图 4-20 来表示。显然,它与图 4-10 中的黑白电视机整机电路框架基本相同,如高频调谐器、中频放大、视频检波、预视放、伴音通道、扫描电路等。主要区别是增加了一个彩色解码及基色矩阵等电路,下面主要介绍这些电路。

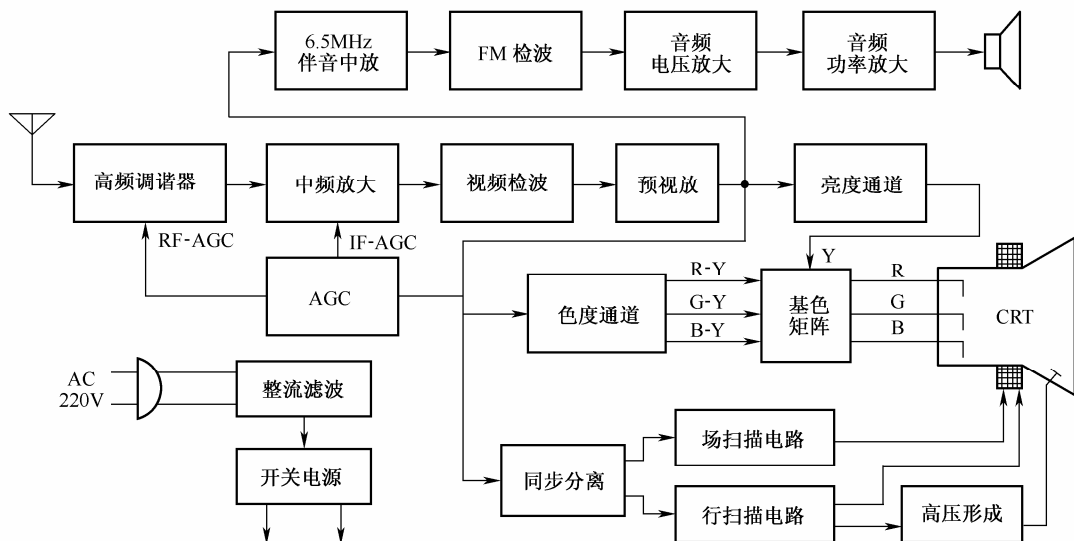


图 4-20 彩色电视机整机电路组成框图

1) 亮度通道:亮度通道一般设有亮度调整控制、对比度调整控制、亮度信号延时线、自动亮度限制(ABL)、钳位与消隐等电路。对于高档大屏幕彩电,亮度通道还设立了各种画质提高电路,如黑电平伸长电路、轮廓校正电路等。

2) 色度通道:色度通道的主要任务是从色度信号 C 中恢复产生 R-Y、G-Y、B-Y 色差信号。彩色制式不同,色度通道电路也不同,PAL 制色度通道由信号处理及副载波恢复电路两大部分组成。

3) 基色矩阵与激励电路:基色矩阵电路的主要任务是先将 R-Y、G-Y、B-Y 三个色差信号分别与 Y 信号相加混合,以便产生 R、G、B 三基色信号;再将三基色信号放大到约 $100V_{P-P}$ 幅度,然后加到显像管的 R、G、B 阴极。另外,为了补偿显像管的 R、G、B 电子束调制特性的差异,还要设立白平衡调整电路。

4) 扫描电路:彩色电视机扫描电路与黑白机几乎相同,但由于彩色显像管与黑白显像管相比较,所需偏转功率更大,阳极电压更高($25\sim 30kV$)、电子束电流更大,故一般设有自动亮度限制(ABL)电路及扫描过流过压保护电路。对于大屏幕多制式彩电,还要设立 50Hz/60Hz 场扫描切换电路、枕形失真校正电路、高压稳定电路、动态聚焦电路等。

5) 电源电路:彩色电视机均采用高效率的开关电源电路,先直接对 220V 交流电进行整流滤波,获得约 300V 未稳直流电压,然后再转换成 $110\sim 140V$ 稳定直流电压给行扫描电路



供电, 并由行输出级产生各种电压给显像管和其他各信号通道供电。

以上介绍仅仅是彩色电视机最基本的电路。彩色电视机其他新电路还很多, 如红外遥控微处理器控制电路、AV 输入/输出电路、NICAM 数码立体声电路、画中画 (PIP/TIT) 与画面外 (POP) 电路、卡拉 OK 电路、AI 人工智能电路等。

2. 东芝TA两片机芯整机电路组成

东芝 TA 两片机芯由日本东芝公司设计和生产, 同时由国内很多厂家进行国产化和改进后组装成各种型号的彩色电视机, 后又增加遥控功能。该机芯采用 TA7680AP 完成图像中频和伴音小信号处理, 采用 TA7698AP 完成亮度、色度及扫描小信号处理, 开关电源采用厚膜电路 STR-5412, 伴音功放、场输出及行输出均采用分立元件电路。采用东芝 TA 两片机芯的西湖 54CD6 彩色电视机的整机电路组成如图 4-21 所示。

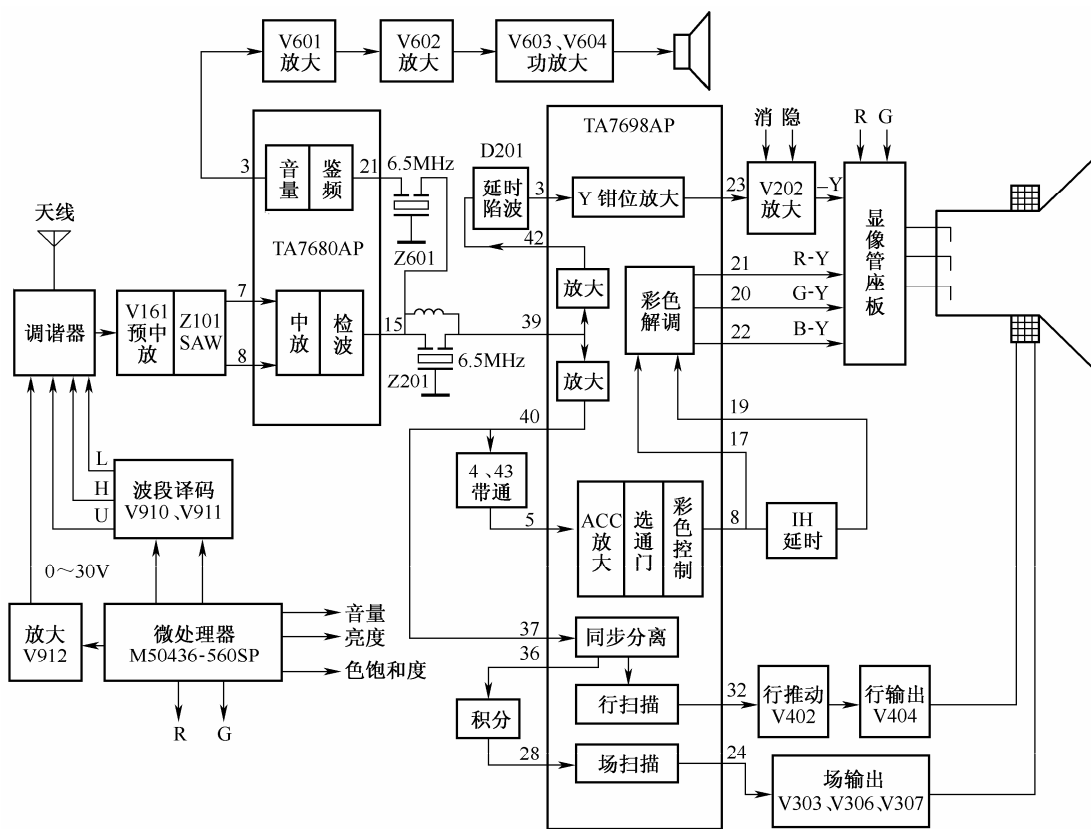


图 4-21 西湖 54CD6 彩电整机电路组成

射频电视信号经高频调谐器变换成为 IF 中频电视信号, 再经 V161 预中放及 Z101 声表面波滤波器滤波后, 送入 TA7680AP⑦脚和⑧脚。

TA7680AP 内有中频信号放大、视频检波、AGC、AFT、ANC、伴音鉴频、音量控制等功能。TA7680AP⑮脚输出检波后的视频信号和 6.5MHz 第二伴音中频信号, 经 6.5MHz 带通滤波 (Z601) 和 6.5MHz 带阻滤波 (Z201) 处理, 实现视频信号和 6.5MHz 第二伴音中频信号相互分离。6.5MHz 第二伴音中频信号由 TA7680AP⑳脚重新输入, 经内部限幅放大、鉴频、



音量控制后,从 TA7680AP③脚输出,再经 V601~V604 音频放大,驱动扬声器工作。

视频信号由 TA7698AP 的⑨脚输入,一路经倒相放大后从⑩脚输出,送到色度通道和同步分离电路,另一路经对比度放大后从⑫脚输出到亮度通道。D201 具有 4.43MHz 带阻滤波及延时功能,D201 取出 Y 信号由 TA7698AP③脚输入,经内部钳位放大后,从 TA7698AP②脚输出-Y 信号,-Y 信号再经 V202 跟随放大后送入显像管座板电路。行、场逆程脉冲从 V202 加入,以消除回扫线。

TA7698AP⑤脚输入色度信号,经内部 ACC 放大、色度/色同步分离、彩色控制处理后从 TA7698AP⑧脚输出,然后分别送回到⑬脚和经一行延时后送回到⑰脚,再经内部解调(包括直通信号和延时信号的加减处理、同步检波、G-Y 矩阵、副载波恢复电路等)后从 TA7698AP ②脚、⑲脚和⑳脚分别输出 R-Y、G-Y 和 B-Y 信号。

场扫描信号由 TA7698AP④脚输出,经 V303、V306、V307 场输出放大后,为场偏转线圈提供锯齿波电流。行扫描信号从 TA7698AP⑲脚输出,经 V402 推动放大及 V404 输出放大后,为行偏转线圈提供锯齿波电流。

微处理器采用 M50436-560SP 芯片,对调谐器进行手动/自动调谐选台操作,对 TA7680AP 进行音量控制操作,对 TA7698AP 进行亮度、色饱和度控制操作,并输出 R、G 两路字符信号,以在屏幕显示红、绿、黄三色字符。

4.2.2 高频调谐器电路分析

1. 高频调谐器概述

高频调谐器又称高频头,是电视机信号通道最前端的一部分电路。它的主要任务是调谐所接收的电视信号,即对天线接收到的电视信号进行选频、放大和变频。

1) 选频:通过频段切换和改变调谐电压选出所要接收的电视频道信号,抑制邻近频道信号和其他各种干扰信号。

2) 放大:将接收到的微弱高频电视信号进行放大,以提高整机灵敏度。

3) 变频:将接收到的载频为 f_p 的图像信号、载频为 f_c 的色度信号、载频为 f_s 的伴音信号分别与本振信号 f_0 进行混频,变换成载频为 38MHz 的图像中频信号、载频为 33.57MHz 的色度中频信号和载频为 31.5MHz 的伴音中频信号。

高频调谐器位于电视机信号通道的最前端,其性能好坏对整机性能质量有很大影响。对高频调谐器的性能要求主要有 6 个方面:

- 1) 与天线、馈线及中放电路要良好匹配;
- 2) 具有良好的选择性;
- 3) 具有合适的通频带;
- 4) 本机振荡频率要稳定;
- 5) 噪声系数要小、功率增益要大;
- 6) 有较强的 AGC (自动增益控制) 能力。

2. 高频调谐器的电路组成

高频调谐器的电路组成如图 4-22 所示,它由 VHF 调谐器和 UHF 调谐器组成。VHF 调谐器由输入回路、高频放大器、本振电路和混频电路组成,由混频电路输出中频信号。UHF



调谐器由输入回路、高频放大器和变频电路组成。在 UHF 调谐器中，本振电路和混频电路由变频电路完成，变频电路输出的中频信号送至 VHF 混频电路，这时 VHF 调谐器的混频电路变成了 UHF 调谐器的中放电路。由于高频调谐器的工作频率很高，为防止外界电磁场干扰和本机振荡器的辐射，高频调谐器被封装在一个金属小盒内，金属盒接地，起屏蔽作用。

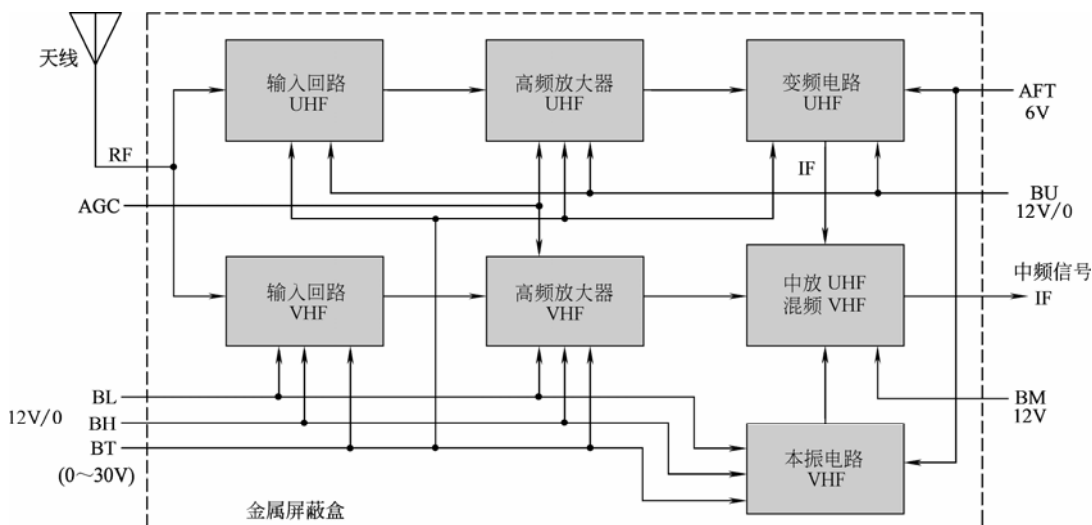


图 4-22 高频调谐器的电路组成

VHF 调谐器与 UHF 调谐器的调谐原理是基本相同的。从天线接收进来的高频电视信号，包括各种不同的频道，输入回路初选出所需收看的频道，而抑制掉其他各种干扰信号。为提高接收灵敏度，高频电视信号先经过选频放大，然后送入混频电路，与本振电路产生的本振信号进行混频，以产生中频电视信号。

3. 高频调谐器实例

TA 两片机高频调谐器及其外围电路如图 4-23 所示，该调谐器有 1 个高频电视信号输入插孔和 8 个引脚，BL、BH、BU 为波段切换电源控制脚，BM 为混频电源控制脚，BT 为 0~30V 调谐电压 (VT) 输入脚，AGC 为自动增益控制脚，AFT 为自动频率微调控制脚，IF 为中频电视信号输出脚。调谐器 8 个引脚典型电压值如表 4-7 所示。

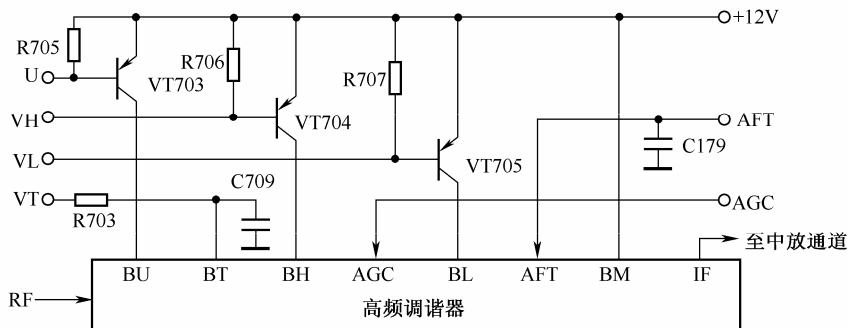


图 4-23 高频调谐器及其外围电路



表 4-7 高频调谐器各引脚典型电压值（单位：V）

引脚 波段	BL	BH	BU	BM	VT	AGC	AFT	IF
VHF—L	12	0	0	12	0~30	6.4	6	0
VHF—H	0	12	0	12	0~30	6.4	6	0
UHF	0	0	12	12	0~30	6.4	6	0

在图 4-23 电路中，VT703、VT704、VT705 是波段切换控制管，受遥控电路控制，当 VT703 导通时，调谐器 BU 引脚有 12V 电压，调谐器工作在 U 波段，再改变 BT 电压，可接收 13~68 频道；当 VT704 导通时，调谐器 BH 引脚有 12V 电压，调谐器工作在 VH 波段，再改变 BT 电压，可接收 6~12 频道；当 VT705 导通时，调谐器 BL 引脚有 12V 电压，调谐器工作在 VL 波段，再改变 BT 电压，可接收 1~5 频道。

AGC 电压来自中频处理电路，对高频放大器的增益进行自动控制，强信号接收时使增益下降。

AFT 电压来自中频处理电路，对本机振荡频率进行自动频率微调，确保本机振荡频率比欲接收频道的频率高出一个中频。

4.2.3 中频通道电路分析

1. 视中频通道概述

视中频通道一般由声表面波滤波器、中频放大、视频检波、ANC、预视放、AGC、AFT 等电路组成，如图 4-24 所示。高频调谐器输出的中频信号首先经过声表面波滤波器，一次性形成中放特性曲线。然后进行多级中放，将信号放大到视频检波所需的幅度。视频检波对中频信号进行同步检波，还原出视频信号，同时输出 6.5MHz 的第二伴音中频信号。视频信号经 ANC 处理和预视放后输出。为了当接收的电视信号有强弱变化时，也能使输出的视频信号电压保持在一定范围内，电路设置了 AGC 电路。而 AFT 电路的作用是当中频信号频率发生变化时，对高频调谐器进行频率微调，以稳定中频频率。

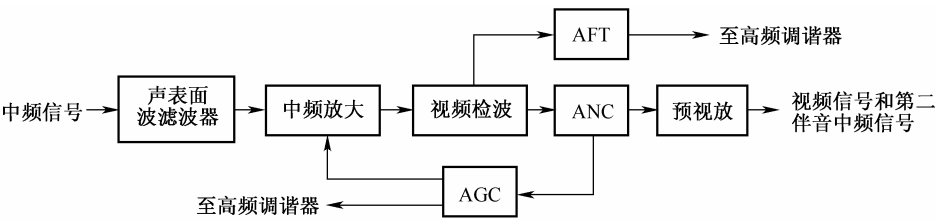


图 4-24 视中频通道电路

视中频通道的主要作用是对中频信号进行选择、放大、检波及 AGC 控制，并为高频调谐器提供 AFT 电压。对这部分电路的性能要求主要有 6 个方面。

- 1) 增益：要求中放的电压放大倍数为 1000~10000 倍，即电压增益在 60~80dB 之间。中放增益的大小对整机接收灵敏度影响很大。
- 2) 频率特性：为了使视频检波后的图像信号的各频率分量幅度一致，要求中放电路对 0~0.75MHz 低频图像信号调制的中频频率成分衰减一半，即将图像中频 38MHz 设计在频率特



性曲线右斜坡 50% 处, 并在 $38 \pm 0.75\text{MHz}$ 范围内, 特性曲线为一斜坡, 如图 4-25 所示。为了满足一定的中放通频带, 要求从右斜坡 50% 处到左斜坡 70% 处的频率范围为 5MHz 。为了避免图像中频信号和伴音中频信号相互干扰, 并避免伴音中频与彩色中频产生 2.07MHz 差拍干扰, 必须对伴音中频信号的增益进行限制, 通常要求伴音中频 31.5MHz 的增益是图像中频增益的千分之三 (-50dB), 同时, 在 $31.5\text{MHz} \pm 100\text{kHz}$ 范围内, 要求特性曲线比较平坦, 否则将受倾斜的频率特性影响, 使等幅调频伴音变成调幅调频波, 导致音质变坏。

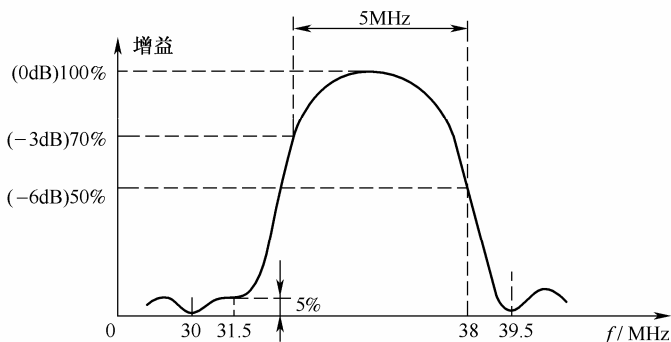


图 4-25 中频放大器特性频率

3) 选择性: 中放电路除了让中频信号顺利通过外, 还必须对通频带以外的信号给予足够的抑制, 特别是对相邻频道的干扰有很强的抑制能力。其中 30MHz 称为邻近高频道图像干扰信号, 39.5MHz 称为邻近低频道伴音干扰信号。

4) 稳定性: 由于中放电路工作频率高、增益大, 一旦电路设计不合理, 就有可能产生自激。因此要合理设计电路, 精选电路元件, 确保中放电路稳定地工作。

5) AGC 控制: 为了防止输入信号太强时同步脉冲被压缩, 图像产生灰度失真及同步不稳。必须对中放电路进行 AGC 控制, 当接收强信号时降低中频放大电路的增益。一般要求中放 AGC 的控制范围达 40dB , 即输入信号电平变化 40dB 时, 输出信号的幅度仅变化 $\pm 1.5\text{dB}$ 。

6) 检波效果: 中频信号只有通过检波才能还原出视频信号, 要求检波效率高, 输出的视频信号振幅大; 滤波性能好, 检波失真要小。

2. 声表面波滤波器

声表面波滤波器简称为 SAWF。它可以形成如图 4-25 所示的中频特性曲线。声表面波滤波器的外形结构与电路符号如图 4-26 所示。它有两个输入引脚和两个输出引脚, 中间引脚与圆形金属外壳一般接地。

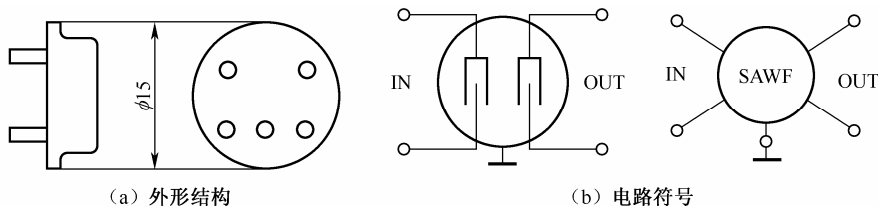


图 4-26 SAWF 外型结构与电路符号



SAWF 在东芝 TA 两片机中的应用如图 4-27 所示。图中 Z101 为 SAWF，由于 SAWF 插入损耗较大，为此高频调谐器输出的中频信号经 C161 耦合送到 VT161 进行中频前置放大，以补偿 SAWF 的插入损耗。为了防止大信号时的非线性失真及互调失真，VT161 的射极接负反馈电阻 R166，VT161 的工作电流也选得足够大。L161、R161 是用来与高频调谐器输出端匹配。L162 是高频补偿电感，与 VT161 集电极分布电容构成谐振电路。

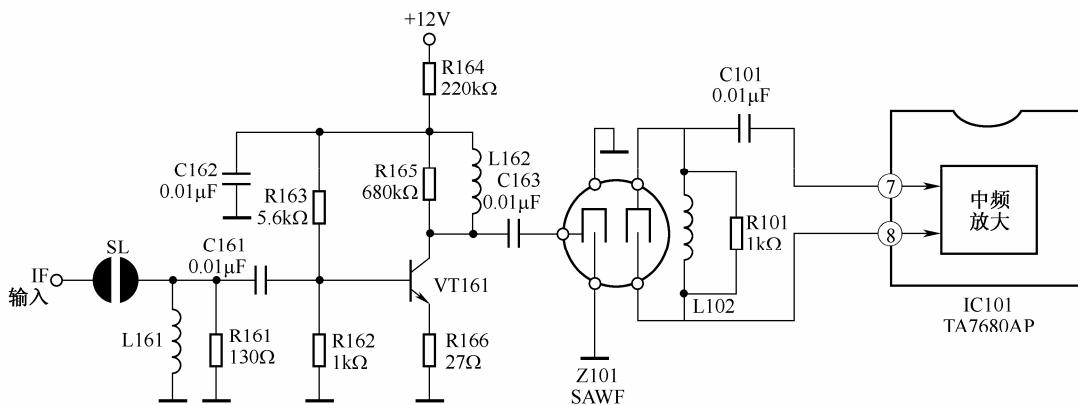


图 4-27 东芝 TA 两片机中的 SAWF

中频信号经 SAWF 滤波后，再由 C101 耦合到 TA7680AP 的⑦、⑧ 两脚。L102 为匹配电感，与 SAWF 的输出电容组成谐振电路，使 SAWF 输出端与集成电路输入端匹配。同时它还可以使 SAWF 输出端等电位，以提高 SAWF 的可靠性。R101 是阻尼电阻，用以获得足够的带宽。

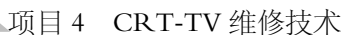
3. 视中频通道电路实例

以 TA7680AP 视中频通道为例。TA7680AP 采用双列直插塑封结构，有 24 个引脚，内部含有 471 个元件，其中三极管 220 个，二极管 2 个，电阻 244 个，电容 5 个。TA7680AP 在西湖 54CD6 彩电中的应用电路如图 4-28 所示，TA7680AP 包括图像中频处理、伴音小信号处理功能。

在图 4-28 中，图像中频信号从 TA7680AP 的⑦、⑧脚输入，输入后送到由三级差动放大器组成的中频放大电路，三级差放均受 AGC 电压控制，控制范围高于 60dB。中频放大电路中设有直流闭环负反馈，以稳定中频放大电路的直流工作点。TA7680AP⑥、⑨之间接 C102 旁路电容，使内部交流处于开环状态，从而提高中频放大电路的电压增益。中频信号经放大后送至视频检波电路。

视频检波采用由模拟乘法器构成的同步检波电路完成，检波灵敏度高，线性好。TA7680AP ⑬脚、⑭脚外接 38MHz 谐振回路 L151，调节 L151 磁芯可调节同步检波的相位。视频检波后获得视频信号和 6.5MHz 第二伴音中频信号。

预视放电路的主要任务是对视频检波电路输出的视频信号进行缓冲放大，以提高带负载能力。经预视放后的视频信号通过 ANC 电路将比白电平还高的白噪声干扰脉冲和比同步头电平还低的黑噪声干扰脉冲抑制住，然后分为两路输出，一路经⑮脚输出同步头向下的彩色全电视视频信号和 6.5MHz 第二伴音中频信号，另一路送至 AGC 电路。



AFT 电路又称自动频率微调电路, 它的任务是保证图像中频信号的频率固定在规定的 38MHz 标准值上, 从而使图像及伴音处于最佳状态。当图像中频偏离 38MHz 时, AFT 电路



检测这种频率偏移，并将频率偏移转化为直流误差控制电压去调节本振电路的振荡频率，使图像中频恢复到 38MHz。

在 TA7680AP 的 AFT 电路中，AFT 采用模拟乘法器作鉴相器，性能稳定，控制灵敏。鉴相器有两路输入，一路是⑰脚、⑱脚的 38MHz 正弦信号，另一路是⑯脚、⑲脚的 38MHz 正弦信号。当调谐器本振频率准确，即调谐器输出的中频为 38MHz 标准值时，两路信号相位差为 90° ，经鉴相后，AFT 差动输出为零，即 $U_{13}=U_{14}=6.5V$ ；当本振频率偏高或偏低时，两路信号相位差将大于 90° 或小于 90° ，AFT 差动输出不为零，即 $U_{13}\neq U_{14}$ 。AFT 电压将对调谐器中的本机振荡频率进行控制，使振频回到标准值上来。C175、C176 将⑰脚、⑱脚的 38MHz 信号耦合到⑯脚、⑲脚的 L152 两端，并移相 90° 。

4. 声中频通道电路实例

严格地说，从天线接收信号到扬声器的所有伴音信号经过的电路都属于伴音通道。而习惯上所说的伴音通道是指预视放级以后伴音信号单独经过的通路。

东芝 TA 两片机的伴音通道如图 4-28 所示。由 TA7680AP 的⑮脚输出的信号，经 Z601 带通滤波，取出 6.5MHz 第二伴音中频信号，从 TA7680AP 的②脚输入，接着进行限幅放大。限幅放大由三级差放组成，具有增益高、限幅性能良好等特点。当②脚的输入达到 0.34mV 时，伴音中放就开始限幅。②脚外接旁路电容 C112，使内部对 6.5MHz 伴音中频呈开环放大状态。

经限幅放大后第二伴音中频信号送到伴音鉴频电路，伴音鉴频采用正交鉴频方式，②脚外接鉴频 90° 移相元件 L651、C617、R603。鉴频获得的音频信号经③脚 C604、R604 进行去加重处理，③脚外接电容 C604 兼有高频滤波和去加重的作用，一方面用来滤除鉴相器输出中含有的高频分量，同时对音频信号的频率较高的成分产生适当的衰减，以恢复音频信号原有的频谱结构。

音频信号经去加重处理后送往电子衰减器（ATT）并进行音频激励放大。改变①脚直流电压，可改变③脚输出的音频信号大小。①脚电压调低，③脚输出幅度就调大，电视机音量就大。②脚原为音频负反馈输入脚，现不采用负反馈，所以通过 RC 元件接地，以使内部差放电路保持平衡。

TA7680AP③脚输出的音频信号送往功率放大电路（如图 3-2 所示）。

4.2.4 亮度通道电路分析

1. 亮度通道概述

亮度通道典型电路框图如图 4-29 所示。

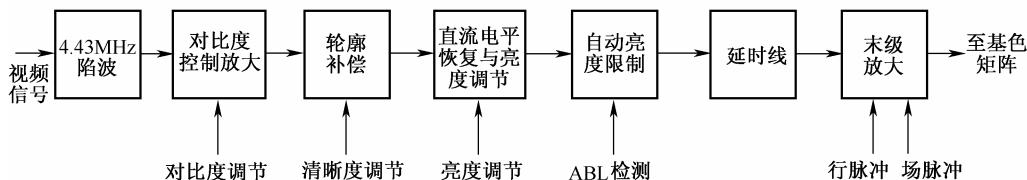


图 4-29 亮度通道典型电路框图



彩色全电视信号又称为视频 (VIDEO) 信号, 它由亮度信号 Y 和色度信号 C 组成, 为防止色度信号进入亮度通道, 必须在亮度通道中设立 4.43MHz 陷波电路, 从而可避免 4.43MHz 对屏幕图像构成细网状干扰。低档普通彩电常用 LC 串联谐振电路进行陷波, 少数采用桥 T 电路进行陷波。4.43MHz 陷波器电路虽然简单, 但它使亮度信号中的 4.43MHz 分量也受到陷波, 故图像清晰度损失不少, 目前高档大屏幕彩电采用梳状滤波器来分离 Y、C 信号。

亮度通道中设立了对比度调节电路。对比度调节就是对视频 V 信号的幅度进行调节, 为了使色同步信号的幅度不受对比度调节的影响, 故实际对比度调节改为对 Y、C 信号幅度进行同步调节。

由于亮度通道设立了 4.43MHz 陷波器, 使代表图像轮廓的 4.43MHz 亮度高频分量也被滤除, 为此在亮度通道中设立了图像轮廓补偿电路, 并通过改变补偿量的大小, 达到改变图像清晰度的目的。目前, 普通彩电采用 Y 信号二次微分电路 (简称勾边电路) 来进行图像轮廓补偿, 高档大屏幕彩电常采用延时型动态精细轮廓补偿电路及扫描速度调制轮廓补偿电路。

由于亮度信号是单极性信号, 这种单极性信号具有直流分量, 其大小等于信号的平均值。亮度通道中的阻容耦合使 Y 信号直流分量丢失, 从而使图像背景亮度产生失真, 并引起彩色失真。为此, 亮度通道中均设立直流电平恢复电路, 也就是钳位电路。通过改变直流钳位电平的高低, 还可以达到改变屏幕平均亮度的目的。

当屏幕平均亮度过大时, 必然是显像管电子束电流过大, 从而易造成高压电路过载, 元器件损坏及荧光粉过早老化, 并产生过量 X 射线。为此设立了自动亮度限制电路, 简称为 ABL 电路。

由于亮度通道的频带比色度通道的频带宽许多, 从而使亮度信号 Y 比色差信号提前 $0.6\mu\text{s}$ 到达基色矩阵。时间上的差异使屏幕图像的彩色轮廓与黑白轮廓不能吻合, 垂直轮廓会出现彩色镶边现象。为此, 在亮度通道必须设立 $0.6\mu\text{s}$ 延时线, 以便使 Y 信号和 R-Y、G-Y、B-Y 信号同时到达基色矩阵。

为了消除屏幕回扫线, 在末级放大电路中引入行、场消隐脉冲。亮度信号经末级放大后被送往基色矩阵电路。

2. 亮度通道电路实例

下面以 TA7698AP 亮度通道电路为例进行介绍, 电路如图 4-30 所示。

彩色全电视信号从⑨脚输入到 IC 中的对比度放大器中, R204、R207、C202 为内部对比度放大管的射极外接元件。⑪脚为对比度控制输入脚, 调节 R256 可改变放大器的增益, 以实现对亮度信号幅度的控制, ⑪脚电压也对色度信号进行控制。对于遥控彩色电视机, ⑪脚输入的对比度控制电压来自微处理器电路。⑪电压越高, 屏幕图像对比度越浓。

经对比度放大器放大的彩色全电视信号从⑫脚输出, 经 D201 中的 LC 带阻滤波器滤除 $4.43\pm 1.3\text{MHz}$ 色度信号和色同步信号, 又经 $0.6\mu\text{s}$ 延时, 遂变为 Y 信号经 C204 耦合到 TA7698AP ⑬脚输入。经⑬内部 Y 钳位放大, 然后从⑭脚输出, 送至 VD202 进行跟随放大, 最后送到显像管座板电路。

从 IC 内部的 Y 钳位放大器经 VD202 一直到彩色显像管阴极, 一路上都是直接耦合, 所以调节⑭脚外接的 R255 辅助亮度电位器及 R257 亮度电位器, 可改变⑭脚输出的直流电位, 使彩色显像管阴极直流电位发生变化, 从而实现了屏幕亮度调整。调整时, 先调 R257 使屏

自动亮度限制 (ABL) 电路也由④脚外接的 R240、R241、VD242、VD313 及行输出变压器高压包绕组组成。C445 构成电子束电流交流通路, 电子束平均电流流动方向如图 4-30 所示。当束流正常时, 束流较小, 取样电阻 R240、R241 上的压降较小, A 点电压较高, 钳位二极管 VD242 导通, 于是 VD313 负端被钳位在 12.7V, VD313 截止, ABL 不起控。当显像管束电流超过额定值时, R240、R241 上的压降增大, A 点电位下降, VD241 反偏截止, VD313 因负端电位下降而导通, 使 TA7698AP④脚电压也下降, 通过 Y 钳位放大及 VT202、末级基色放大管到显像管阴极, 使阴极电压上升, 促使显像管束流下降到额定值, 从而达到自动亮度限制目的。另外, 当 VD205 导通时, 影响到④脚, 使图像对比度也下降。

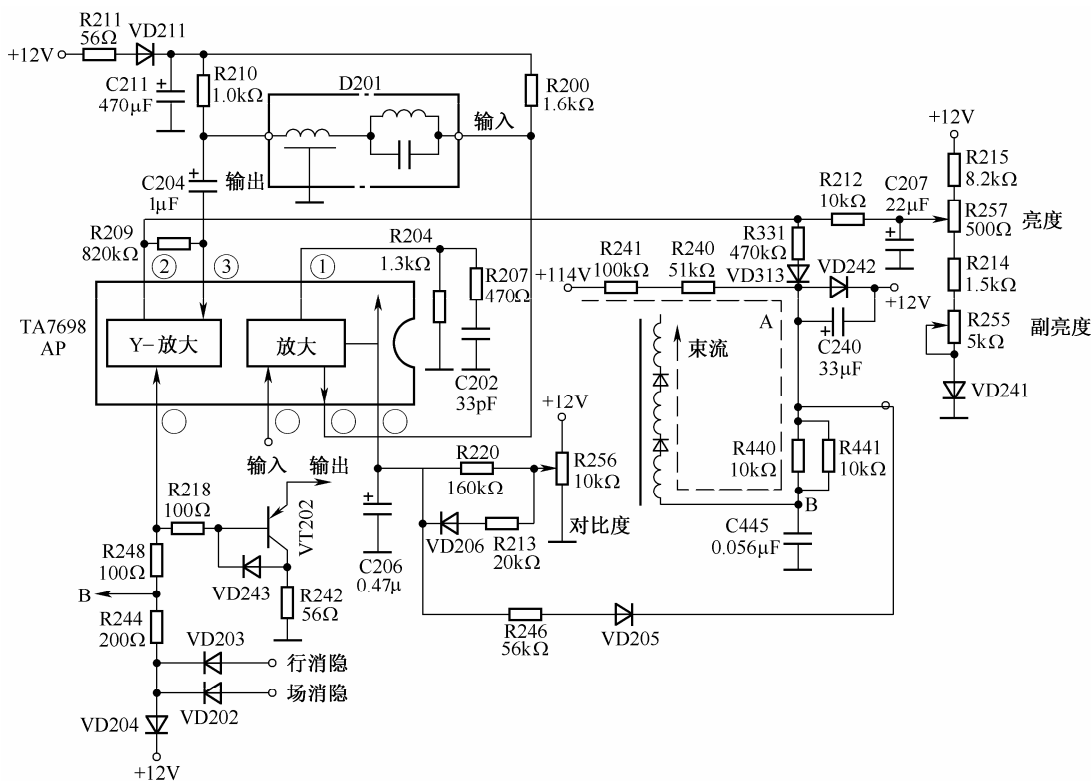


图 4-30 TA7698AP 亮度通道

为了可靠地消除回扫线,要向亮度通道引入幅度足够的行、场逆程脉冲。为此,在图 4-30 所示亮度通道中,行、场逆程脉冲分别由 VD203、VD202 输入,然后由 VD204 钳位在 12.7V,再经 R244、R248 与 TA7698AP23 脚输出的 Y 信号叠加,最后经 VT202 跟随放大后送往显像管座板电路,以消除回扫线。

1. 显像管座板电路概述

显像管座板电路主要有三个功能，一是将 R-Y、G-Y、B-Y 三个色差信号分别与 Y 信号



相加混合,以得到 R、G、B 三基色信号;二是将 R、G、B 三基色信号放大到 $100V_{P-P}$ 左右的幅度,以激励显像管 R、G、B 阴极;三是补偿显像管 R、G、B 阴极电子束调制特性的差异,即设立白平衡调整电路。

显像管座板电路一般都采用分立元件电路,并采用 200V 电压供电,在目前生产的大屏幕彩色电视机中,显像管座板中只包含基色激励放大和白平衡调整电路,R、G、B 矩阵由主板集成电路来完成。在 I^2C 总线控制的彩色电视机中,白平衡调整也在主板集成电路内部完成,显像管座板电路的功能只有 R、G、B 三基色信号宽频带放大一项。

2. 显像管座板电路实例

东芝 TA 两片机显像管座板电路如图 2-31 所示。

该电路主要特点是,由 VT505、VT506 组成 R 基色共射—共基级联放大电路,由 VT507、VT508 组成 G 基色共射—共基级联放大电路,由 VT509、VT510 组成 B 基色共射—共基级联放大电路,这种共射—共基级联放大电路具有宽频带放大特点。

R-Y、G-Y、B-Y 三个色差信号分别加到 VT506、VT508、VT510 的基极,-Y 信号经维修开关加到 VT506、VT508、VT510 的发射极,VT506、VT508、VT510 的基极与发射极之间的信号应等于基极信号减去发射极信号,于是有

$$V_{be506}=(R-Y)-(-Y)=R$$

$$V_{be508}=(G-Y)-(-Y)=G$$

$$V_{be510}=(B-Y)-(-Y)=B$$

R 信号经 VT506、VT505 共射—共基级联放大后,输出-R 信号加到显像管的 R 阴极,以对 R 电子束电流进行调制。G 信号经 VT508、VT507 共射—共基级联放大后,输出-G 信号加到显像管的 G 阴极,以对 G 电子束电流进行调制。B 信号经 VT510、VT509 共射—共基级联放大后,输出-B 信号加到显像管的 B 阴极,以对 B 电子束电流进行调制。

RP557、RP558、RP559 为白平衡截止调整电位器,RP553、RP554 为白平衡激励调整电位器。

显像管座板电路中有一个维修开关,主要用于白平衡调整方便。正常收看时,开关闭合,-Y 信号能通过;当调整白平衡时,需要将维修开关断开,切断信号通道,以免干扰调整。

显像管座板③脚输入 200V 电源电压,①⑥脚输入 12V 电源电压,⑩脚输入 6.3V 有效值的显像管灯丝电压,②脚输入加速极电压。

任务 4-3 三无故障检修

电视机三无故障是指无光、无图、无声故障。三无故障是电视机最常见、故障率最高的故障。当光栅形成电路、图像通道、伴音通道同时发生故障,则为三无故障现象,但是这三方面电路同时发生故障的概率是很低的,因此,本任务不研究多故障点引起的三无现象,主要讨论一个故障点引起的三无故障检修方法与技巧。

1. 学习目标

最终目标:会检修电视机三无故障。

促成目标:1)能分析三无故障的原因;



- 2) 掌握三无故障检修技巧;
- 3) 能检修三无故障。

2. 活动设计

活动内容: 在 TA 两片机电源电路、行扫描电路及待机电路中, 将 1 个元件更换成非正常元件, 使电视机呈现三无故障现象, 要求查出故障元件并进行修复。

工具准备: TA 两片机芯彩色电视机、万用表、示波器、电铬铁等。

时间安排: 45 分钟。

评分标准: 满分为 100 分, 其中排除故障占 60%, 检修报告占 40%。

扣分标准: ①在检修过程中, 每犯 1 次检修错误扣 10 分; ②每超时 10 分钟扣 10 分; ③每要求教师提示 1 次扣 10 分; ④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

相关知识部分主要介绍三无故障检修范围及三无故障部位判别技巧, 具体电路的检修可参阅项目 3 相关内容。

4.3.1 三无故障检修范围

三无故障检修范围有开关电源电路、行扫描电路及待机控制电路, 如图 4-31 所示。这些电路中的一个故障点就可能引发三无故障现象。

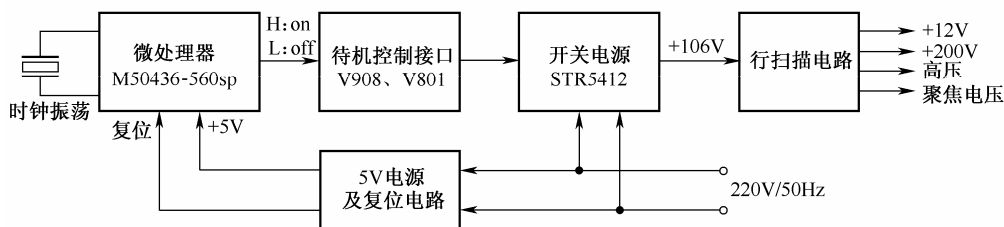


图 4-31 三无故障检修范围

电视机出现三无现象, 首先应怀疑是电源电路故障, 电源电路是为电视机正常工作提供稳定的直流工作电源, 若电源供电不正常, 则整机无法正常工作, 必定会出现三无的现象。

行扫描不工作, 显像管灯丝不亮, 高压极、聚焦极、加速极也无电压, 显像管不可能发光。另外, 大部分电视机的伴音和公共通道+12V 供电是从行逆程脉冲整流滤波得到, 于是, 只要行扫描部分出现故障, 会导致伴音和公共通道断电。因此, 行扫描电路不工作的故障现象是三无。

对于遥控电视机, 当待机控制电路有故障时, 会使电视机始终处于待机状态, 即三无状态。待机控制电路有故障时, 应检查待机控制接口电路及微处理器工作条件三要素 (+5V 供电、复位、时钟振荡)。

4.3.2 三无故障部位判别技巧

对于三无故障现象, 首先应检测开关电源输出的+106V 电压是否正常, 若正常, 则三无故障原因就是行扫描电路; 若没有此电压, 则是开关电源不工作。



开关电源不工作原因有两个，一是开关电源本身，二是待机控制电路。为进行判别，可测量 VD801 待机控制管，若其基极始终有 0.7V 电压，则表明待机控制电路异常，应接着检查微处理器工作条件三要素及待机控制接口电路；若当按遥控器待机控制键时，其基极电压在 0~0.7V 之间转换，则应检查开关电源电路本身，如查熔丝等。

三无故障部位判别流程如图 4-32 所示。

对于开关电源电路、行扫描电路及待机控制电路故障的具体检修，已在项目 3 中介绍，此处不再重复。

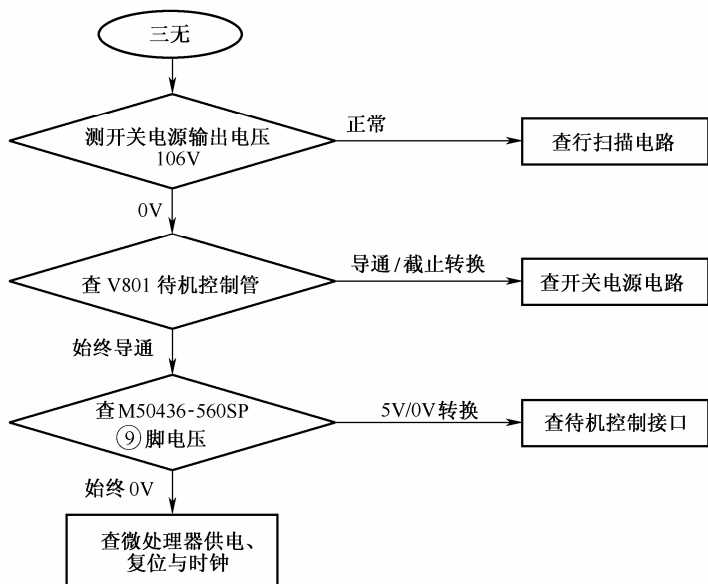


图 4-32 三无故障部位判别流程

任务 4-4 图像不正常故障检修

图像不正常是电视机的常见故障之一，图像不正常包括无图像、图像淡、图像失真、图像不清晰等。图像不正常的主要原因是图像通道有故障，而图像通道包括 RF 信号输入、高频调谐器、调谐控制电路、预中放、声表面波滤波器、中频信号处理、亮度通道及显像管座板电路。

1. 学习目标

最终目标：能检修电视机图像不正常故障。

促成目标：1) 能分析图像不正常故障原因；

2) 掌握图像不正常故障检修技巧；

3) 能检修图像不正常故障。

2. 活动设计

活动内容：在图像通道（RF 输入、调谐器、预中放、声表面波滤波器、TA7680AP 中频信号处理、亮度通道）及调谐控制电路中，将 1 个元件更换成非正常元件，使电视机呈现图



像不正常故障现象，要求查出故障元件并进行修复。

工具准备：TA 两片机芯彩色电视机、万用表、示波器、电烙铁等。

时间安排：45 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中排除故障占 60%，检修报告占 40%。

扣分标准：①在检修过程中，每犯 1 次检修错误（如用万用表的交流电压挡测直流电压等）扣 10 分；②每超时 10 分钟扣 10 分；③每要求教师提示 1 次扣 10 分；④检修过程中若人为损坏电路扣 20 分。

3. 相关知识

主要介绍图像不正常故障部位判别、高频调谐器故障检修、中频通道故障检修、亮度通道故障检修及显像管座极电路故障检修等相关知识。

4.4.1 图像不正常故障部位判别

TA 两片机芯图像通道如图 4-33 所示。图像通道有这么多的电路，任意一个电路不工作，图像信号就不能通过，屏幕就不会出现图像。任何一个电路工作质量不好，都会影响图像质量。

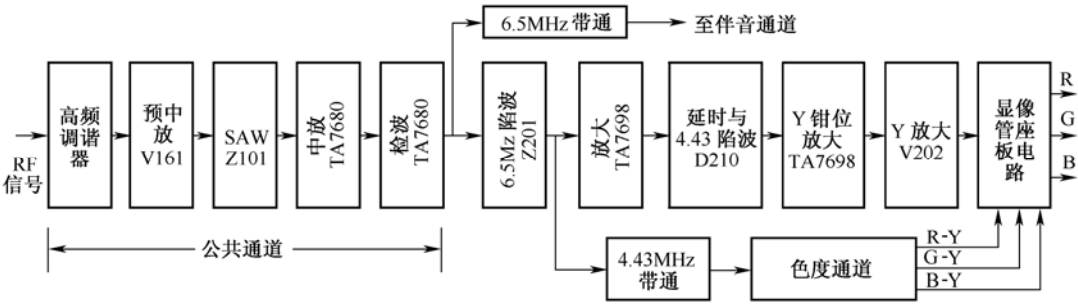


图 4-33 TA 两片机芯图像信号通道

因为故障范围很宽，检修此故障时，首先要缩小故障部位。

若无图有声，这说明公共通道正常，故障部位一般为亮度通道。

若图像无彩色，但黑白图像清晰，这说明亮度通道正常，故障部位是色度通道（见项目 4-3）。

若图像偏色或缺色，故障部位是显像管座板电路。

若无图无声，故障部位在图声公共通道。公共通道包括 RF 信号输入、高频调谐器、预中放、声表面波滤波器、TA7680AP 中频信号处理。

如何进一步缩小无图无声的故障范围？在无 RF 信号状态，可根据屏幕噪声点浓密程度来划分故障部位，如图 4-34 所示。若噪声点浓密，则故障可能发生在 RF 输入插口、高频调谐器、调谐控制电路；若噪声点稀疏，则故障可能发生在 SAW、中放通道。

在电视机信号通道中，每一电路均会产生噪声，如电阻热噪声、三极管载流不规则运动噪声等。但前级产生的噪声经过后级不断放大，反映在屏幕上，噪声点就很浓密。而后级产生的噪声，没有经过高增益放大，反映在屏幕上，噪声点就很稀疏。因此，调谐器产生的噪声，反映到屏幕上，就很浓密；显像管座板电路产生的噪声，在屏幕上就看不到了。



图 4-34 无 RF 信号状态下的屏幕噪声点

正常电视机, 在无信号状态, 屏幕噪声越浓密, 表明电视机通道增益越高, 即接收灵敏度越高。目前, 许多新型电视机无信号状态下自动为蓝背景, 这就不好凭噪声来判别无图无声的故障部位, 但在调谐状态不会出现蓝背景。

技巧: 观察屏幕噪声可判别无图像故障部位。

4.4.2 高频调谐器故障检修

高频调谐器是电视机信号通道最前端的一部分电路。它的主要任务是变频与选台。若接收不到电视台节目, 但屏幕噪声点浓密, 先检查 RF 信号输入是否正常, 然后再检查高频调谐器及外围电路。

1. 高频调谐器引脚电压测量

在高频调谐器的几个引脚中, 除了天线 RF 信号输入端和 IF 中频信号输出端外, 其他引脚有直流电压, 应根据表 4-7 检查各引脚电压。

- 1) 检测 BM 电压是否正常。BM 电压为+12V, 若无此电压, 高频调谐器便不工作。
- 2) 检测三个波段选择电压 BL、BH 和 BU 是否正常。如果只是 BL、BH 和 BU 中的一个波段电压不正常, 则该波段将收不到电视信号。
- 3) 检测 VT 调谐电压是否正常。调谐时, VT 电压能在 0~30V 范围内变化, 则正常; 若不变化, 则所有波段收不到任何电视信号。
- 4) 检测 RF-ACG 电压是否正常。当 RF-AGC 静态电压过低时, 高放管增益将提前下降, 影响接收灵敏度与信噪比, 严重时将不能接收电视信号。
- 5) 检查 AFT 电压。AFT 电压不正常, 易出现逃台故障。

当高频调谐器所有引脚电压测量均正常, 如果再收不到电视信号, 则可能是高频调谐器本身损坏。高频调谐器内部损坏后, 屏幕噪声点可能不再浓密。

2. 逃台故障的检修

高频调谐器电路在 AFT 的控制作用下, 轻微的频偏是不会造成逃台的。只有 VT 调谐电压不稳定造成本振频率大范围波动时, AFT 电压才显得无能为力, 如果此时 VT 调谐电压继续变化, 直到相邻频道所对应的电压值附近时, AFT 电压又开始起控, 迅速将本振频率锁在这一频道, 使图像和伴音暂时处于稳定, 这样就出现了逃台故障。



造成 VT 调谐电压不稳定可能来自调谐电路、高频调谐器内部电容漏电、变容二极管击穿或漏电流大,通常需要用高内阻的数字万用表对 VT 调谐电压进行精确的检测。在确定了 VT 调谐电压波动引起逃台之后,可将高频调谐器 VT 端子与印制电路板脱开,开机后监测 VT 调谐电压,若 VT 调谐电压停止波动,说明高频调谐器内部电路有故障;若 VT 电压仍发生波动,可判定故障出在调谐电路,通常应检查积分电容是否漏电、调整放大管是否变质或损坏、33V 稳压管稳压性能是否变差。

逃台故障主要是调谐电压 0~30V 不稳定,从而使调谐器输出中频频率发生变化,图像与彩色发生漂移,可重点查下列元件:

- 1) 33V 稳压管 VD712 及滤波电容 C703、C704 是否正常(见附图 A)。
- 2) 高频调谐器内部变容二极管是否漏电。
- 3) 高频头内部与变容二极管相连的电容是否变质。
- 4) 查 R171、R172、RP152、C171、C172、C178、V907、V915 等 AFT 有关元件是否正常。

3. 有部分节目不能接收故障的检修

只是有部分节目不能接收,首先应检查高频调谐器的波段切换电压 BL、BH、BU 是否正常,VT 调谐电压应能在 0~30V 之间平稳扫描变化。如果波段切换电压不正常,应检测微处理器波段切换控制引脚电压在切换波段时有无相应变化,波段译码电路 V910、V911、V906 工作是否正常,波段切换控制管 V703、V704、V705 是否开路。如果 VT 调谐电压变化范围不能达到 0~30V,则会引起部分频道不能接收,此时应检查 0~30V 调谐控制电路。

4.4.3 中频通道电路故障检修

1. 预中放电路与 SAWF 电路故障的检修

检修预中放电路时,可用万用表 $R \times 1k\Omega$ 挡将黑表笔接地,红表笔分别碰触预中放管的基极或集电极,观察屏幕和扬声器有无反应,如果屏幕有强烈的杂波干扰,扬声器中有“咯咯”的噪声,说明预中放电路无故障;如果屏幕和扬声器无反应,应进一步测量预中放管各极工作电压,确定相关故障元件。

同理用红表笔分别碰触 SAWF 电路的输入端或输出端,如果屏幕有强烈的杂波干扰,扬声器中有“咯咯”的噪声,说明 SAWF 无故障;也可用 0.01F 的无极电容跨接在声表面滤波器的输入与输出端之间,如果图像或屏幕无变化,说明故障不在 SAWF,如果图像有较大改善或出现密集的噪波点,说明 SAWF 有故障。

2. TA7680AP 故障检修

TA7680AP 损坏,通常是无图无声,也可能是其他故障现象。

1) 图像淡:若对比度调大后仍图像淡,则表明电路有故障。图像淡说明信号幅度小,而幅度小的原因是放大倍数不够。若 TA7680AP ⑥脚和⑨脚之间的旁路电容 C102 开路,则内部将产生交流负反馈,从而使 TA7680AP 内部增益下降,于是出现如图 4-35 所示图像淡现象。

2) AGC 故障:AGC 故障通常不会产生无图像现象。若 AGC 不控,则增益过大,信号中的同步头部分可能被压缩,图像不稳。AGC 控制过头,增益下降太多,图像淡,信噪比降



低。TA7680AP⑤脚是 IF-AGC 滤波引脚,当信号很弱时,⑤脚电压最高,内部三级中放增益最大;当信号增强时,IF-AGC 起控,⑤脚电压下降,三级中放增益下降。如果能检测到⑤脚电压随信号强弱在 4.2~11.5V 范围内变化,则说明 IF-AGC 正常,否则应检查⑤脚滤波电容是否漏电。⑪脚为型高放 AGC 电压输出,⑪脚输出的 AGC 电压随着输入信号的增大而减小,变化范围为 0~12V,如果能检测到此变化的电压,说明 RF-AGC 正常,否则应检查⑪脚滤波电容是否漏电,⑩脚 RF-AGC 延迟调节是否正常。⑩脚电压调高时,RF-AGC 起控迟,当⑩脚电压调低时,RF-AGC 起控早。



图 4-35 图像淡案例(C102 开路)

3) 视频检波故障:视频检波在 TA7680AP 内部进行,并通过⑰脚、⑱脚外接 38MHz 谐振回路 L151,调节 L151 磁芯可调节同步检波的相位。若 L151 受潮参数发生变化而失谐,将影响视频检波质量。

4) AFT 故障:AFT 故障现象是自动搜索不记忆、逃台。可测量 TA7680AP 的⑬脚、⑭脚之间的电压,若中频频率准确,则应为 0V,表示 AFT 无输出。在调谐过程中,TA7698AP 的⑬脚、⑭脚之间电压若有变化,表明 AFT 电路正常,若不变化,可检查 TA7698AP 的⑯脚、⑰脚外接 L152 调谐回路。

4.4.4 亮度通道与显像管座板电路故障检修

图像信号是由亮度信号与色度信号两部分组成的,亮度信号是基础。亮度信号使屏幕显示黑白图像,色度信号使黑白图像着色。另外,亮度通道决定图像亮度,因此,屏幕光栅过亮或过暗,一般应检查亮度通道。显像管座板有三路放大,当某一路发生故障,将引起图像偏色或缺色。

1. 光栅过亮

一切引起显像管 R、G、B 阴极静态电压过低的故障,都会使屏幕光栅过亮。

原因一:显像管座板无 200V 供电。若检测显像管 R、G、B 阴极电压均为 0,说明显像管座板电路无 200V 供电,将出现如图 4-36 所示的故障现象,即光栅过亮、亮度失控、有回扫线。通常 200V 电压由行逆程脉冲经整流滤波后产生,所以应检查这部分电路,如果熔断电阻 R449 开路(见附图 A),则送往显像管座板的+200V 电压消失,显像管 R、G、B 阴极电压均为零,电子束电流很大,于是出现光栅很亮、有回扫线故障。



图 4-36 显像管座板无 200V 案例 (R449 开路)

原因二：关机消亮点控制管击穿。若图 3-35 中的 V205 c-e 结击穿，则引起图 4-30 中的 V202 电流增大，再引起显像管座板中的 R、G、B 放大管电流增大，显像管 R、G、B 阴极电位下降，电子束电流增大，屏幕光栅过亮，有白色回扫线。请注意，凡引起 V202 电流增大的故障，都会产生晚光栅过亮现象。

原因三：加速极电压太高。当加速极电压调得过高时，电子束电流将增大，屏幕光栅过亮，且有白色回扫线。

2. 光栅过暗

一切引起显像管 R、G、B 阴极静态电压过高的故障，都会使屏幕光栅过暗。

原因一：显像管座板中有一个维修开关 S501（见附图 A），当此开关拨错，即拨在断开位置，则座板中的 R、G、B 放大管电流均减小，显像管 R、G、B 阴极电压上升，电子束电流减小，于是屏幕光暗。

原因二：TA7698AP 的④脚为亮度调整脚，此脚电压若调低，则③脚电压将升高，V202 电流减小，显像管座板电路中的 R、G、B 放大管电流也减小，显像管 R、G、B 阴极电压均升高，电子束电流减小，屏幕过暗。所以，过暗要检查 TA7698AP④脚的亮度调整是否正常。

原因三：加速极电压太低。当加速极电压调得过低时，电子束电流将减小，屏幕光栅过暗，甚至无光。

3. 亮度信号丢失

当亮度信号丢失时，如果直流状态正常，则屏幕平均亮度不受影响，此时故障现象如图 4-37 所示。如当 D201 输入的亮度信号被短路时，此时图像模糊，若此时再关闭色饱和度，则屏幕仅出现一片白光栅。

亮度信号丢失必然引起图像模糊。这是因为亮度信号是宽频信号，色差信号是窄带信号，当亮度信号丢失时，只剩下色差信号，必引起图像模糊（如人影）。当再关闭色饱和度时，则什么信号也没有了，屏幕仅出现一片白光栅。

D201 输入短路引起亮度信号丢失，这仅是一个例子，还有其他原因。对于如图 4-30 所示的亮度通道，若亮度信号丢失发生在 C204 耦合电容之前，则屏幕光栅平均亮度不受影响，因为 C204 有隔直流作用；若亮度信号丢失发生在 C204 耦合电容之后，则屏幕光栅亮度也可能受影响。



4. 图像轮廓镶边

如图 4-38 所示是图像轮廓镶边案例。D201 是亮度信号 $0.6\mu\text{s}$ 延时线, 若 D201 短路, 则亮度信号与色差信号相比较, 将提前 $0.6\mu\text{s}$ 到达基色矩阵电路, 于是亮度信号与色差信号在时间上不一致, 产生图像垂直方向轮廓镶边。

注意: 此故障现象与会聚不良类似, 不同的是图像的水平方向轮廓是不会镶边的。



图 4-37 图像模糊案例 (D201 输入 Y 信号短路)



图 4-38 图像轮廓镶边案例 (D201 短路)

5. 图像偏色或缺色

图像偏色或缺色故障的发生部位是显像管座板电路, 因为显像管座板有 R、G、B 三路共射—共基级联放大电路, 三路放大电路同时发生故障的概率是很低的, 通常是某一路发生故障, 于是出现偏色或缺色现象。

当使显像管 R 阴极电压降低时, 则 R 电子束电流特别大, 图像偏红色, 如 V505、V506 的 c-e 电极击穿等; 当使显像管 R 阴极电压升高时, 则 R 电子束电流特别小, 图像缺红色, 即偏青色, 如 V505、V506 电极开路, R529 开路等。

当使显像管 G 阴极电压降低时, 则 G 电子束电流特别大, 图像偏绿色, 如 V507、V508 的 c-e 电极击穿等; 当使显像管 G 阴极电压升高时, 则 G 电子束电流特别小, 图像缺绿色, 即偏紫色, 如 V507、V508 电极开路, R530 开路等。

当使显像管 B 阴极电压降低时, 则 B 电子束电流特别大, 图像偏黄色, 如 V509、V510 的 c-e 电极击穿等; 当使显像管 B 阴极电压升高时, 则 B 电子束电流特别小, 图像缺红色, 即偏青色, 如 V509、V510 电极开路, R531 开路等。

另外, 图像偏色可能与显像管内部电极有关。当显像管 R 阴极与栅极热短路后, 将使显像管的 R 阴极电压为零, R 电子束特别大, 屏幕为满屏红色。同理, 当某阴极与灯丝热短路后, 由于灯丝一端接地, 那么该阴极直流电压为零, 屏幕偏色。

6. 故障检修实例

以东芝 TA 两片机为例, 故障实例如下:

1) D201 (亮度延时线) 引线与地短路: D201 短路后, 亮度信号消失, 图像内容由于只有色度信号, 表现很淡的轮廓影子, 无图像细节。

2) D201 (亮度延时线) 开路: 亮度信号丢失, 图像细节很淡, 对比度不起作用, 光栅很亮。



3) VD211 焊接不良或开路: VD211 开路后, TA7698AP⑫脚供电电压消失, ⑫脚内部亮度放大器停止工作, 亮度信号丢失, 图像无细节, 仅表现为淡淡的轮廓影子, 而且光栅偏暗。

4) L201 开路: L201 的作用是与 Z201 构成 6.5MHz 伴音吸收回路, 当 L201 开路后, 不但 6.5MHz 不能吸收, 而且低频亮度信号也很难通过, TA7698AP⑬脚直流电压也不能传入 TA7698⑳脚, 屏幕故障现象为有回扫线, 且存在隐约可见的淡薄图像。

5) V202 开路: VT202 开路后, 对 TA7698㉓脚输出的亮度信号不能放大并送至显像管座板电路, 图像无细节, 光栅偏淡, 仅表现为淡淡的轮廓影子。

6) V505c-e 击穿: 击穿后, 显然显像管红阴极电位下降, 红电子束增大。而 VT505 击穿又使得 VT507、VT509 射极电位升高, 导致显像管绿、蓝阳极电位升高, 绿、蓝电子束截止, 因此屏幕现象为红色光栅, 很亮且具有回扫线。

7) 连接⑥~⑦的导线断掉: 断线后, 导致 V506 基极无偏压而截止, 导致缺红色。

8) L590 开路: L590 开路使 200V 供电丢失, 故障为白光栅很亮, 伴有回扫线。

9) 聚焦管座极间氧化而漏电: 这将引起聚焦电压下降, 引起聚焦不良, 严重时呈云雾状, 容易将此故障误判为“无图像”故障来维修。

任务 4-5 同步不良故障检修

同步是指显像管偏转线圈中的扫描必须与加到显像管阴极上的全电视信号同步。也就是说, 当行消隐脉冲到达, 电子束刚好做行逆程扫描; 当图像信号到达, 电子束刚好做行正程扫描; 当场消隐脉冲到达, 刚好做场逆程扫描。如果行扫描不同步, 图像将变成向左下方或向右下方倾斜的黑白相间条纹; 若场扫描不同步, 图像将会上下移动。

1. 学习目标

最终目标: 能检修电视机同步不良故障。

促成目标: 1) 能分析不同步故障原因;

2) 掌握不同步故障检修技巧;

3) 能检修不同步故障。

2. 活动设计

活动内容: 在同步电路(同步分离、场同步控制、行 AFC)电路中, 将 1 个元件更换成非正常元件, 使电视机呈现不同步故障现象, 要求查出故障元件并进行修复, 写出检修报告。

工具准备: TA 两片机芯彩色电视机、万用表、示波器、电铬铁、常用检修工具。

时间安排: 45 分钟。

评分标准: 满分为 100 分, 其中排除故障占 60%, 检修报告占 40%。

扣分标准: ①在检修过程中, 每犯 1 次检修错误(如用万用表的交流电压挡测直流电压等)扣 10 分; ②每超时 10 分钟扣 10 分; ③每要求教师提示 1 次扣 10 分; ④检修过程中人为损坏电视机扣 20 分。

3. 相关知识

完成此学习任务, 需要介绍同步电路组成、幅度分离电路、亮度分离电路、场扫描同步原理、行扫描同步原理、同步电路分析、同步电路检修等相关知识。



4.5.1 同步电路概述

为了实现同步,视频信号中含有复合同步脉冲信号,它由行同步脉冲、场同步脉冲组成,其作用是对电视机的行、场扫描电路进行同步控制。

同步电路由 ANC、幅度分离、宽度分离、场同步控制、行同步 AFC 控制电路组成,如图 4-39 所示。首先,从视频信号中分离出复合同步信号,再从复合同步信号中分离出场同步信号。利用复合同步信号对行振荡器进行 AFC 方式的同步控制,利用场同步信号对场振荡器进行触发式的同步控制,使行、场振荡器的频率和相位与电视台发送的行、场信号一致,以实现同步。

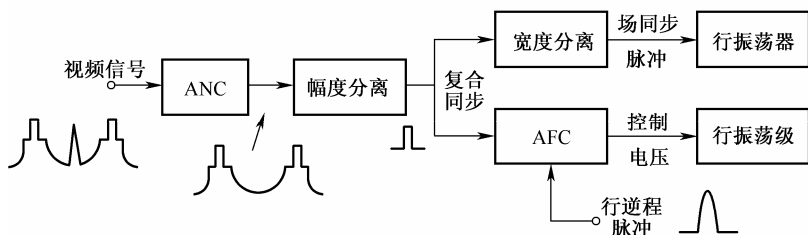


图 4-39 同步分离电路方框图

1. 自动噪声抑制 ANC

ANC 电路的任务是消除因汽车点火、各种电器启动等产生的大幅度干扰脉冲。因为这种大幅度干扰脉冲被幅度分离电路取出来后,将成为伪同步脉冲,从而造成同步控制混乱。ANC 电路必须设在幅度分离电路之前,一般设在中放集成电路内,如 TA7680AP。

2. 幅度分离电路

幅度分离电路的任务是从视频信号中分离出复合同步脉冲。其原理是利用同步脉冲在视频信号中具有最大幅度的特点,用限幅器即可把它切割出来。分立元件幅度分离电路如图 4-40 所示,分离管 VT 的静态处于微导通状态,因其偏置电阻 R2 ($470\text{k}\Omega$) 的阻值特别大,负极性的视频信号经 R1、C1 耦合加至 VT 的基极,当同步脉冲到达时,VT 饱和导通,VT 集电极输出低电平脉冲。这时 C1 被充电,由于充电时间常数很小,C1 两端很快充有左正右负的电电压,直到同步脉冲过去。在同步脉冲间歇期间,VT 截止,VT 集电极输出高电平,这时 C1 经 R1、R3 放电。由于放电时间常数较大,C1 放电缓慢,两端保持着一个左正右负的电电压,此电压确保 VT 在同步脉冲间歇期间可靠地截止,直到下一个同步脉冲到达时,VT 才重新饱和导通,依此循环,从而在 VT 集电极输出负极性同步脉冲。

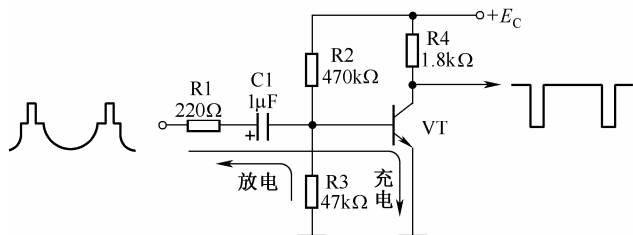


图 4-40 幅度分离电路



3. 宽度分离电路

宽度分离电路的任务是从复合同步脉冲中分离出场同步脉冲。其原理是利用场同步脉冲的宽度（160μs）远大于行同步脉冲宽度（4.7μs）这一特点，采用 RC 积分电路，将场同步脉冲单独地分离出来。典型行场同步积分电路如图 4-41 所示。图中输入信号 U_i 为复合同步脉冲，它包括行同步脉冲和场同步脉冲，它们的脉冲幅度均为 E ，但宽度不一致。同步脉冲经 R 对 C 进行充电，此时输出电压 U_o 将按指数规律上升。由于行同步脉冲的宽度很窄，使 C 的充电时间很短，输出幅度 U_H 很小；而场同步脉冲的宽度很宽，使 C 的充电时间很长，输出幅度 U_V 很大。因此在输出端行同步脉冲被抑制，而场同步脉冲被分离输出。

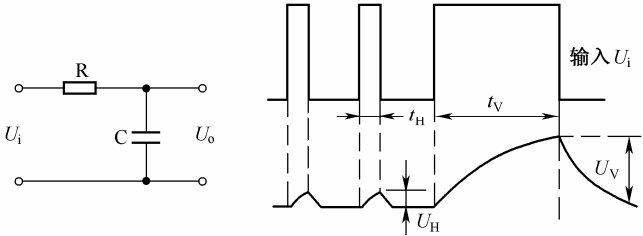


图 4-41 行场同步积分电路

4. 场触发同步原理

场同步采用触发同步形式，其原理如图 4-42 所示。图中的场振荡波形表明电路状态在正程期与逆程期之间转换。实现场扫描同步的条件是，场自由振荡周期略大于 20ms，如图中虚线所示。在此条件下，当场同步脉冲到来时，使场振荡电路的状态提前由正程期翻转到逆程期，图中的虚线波形变为实线波形，从而实现同步。

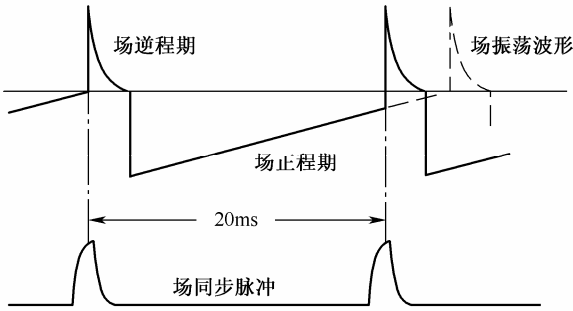


图 4-42 场触发同步原理

5. 行AFC原理

由于行同步脉冲宽度要比场同步脉冲窄得多，因此行扫描同步控制不能像场扫描同步控制那样采用触发式控制。因为一般的干扰脉冲都是窄脉冲，而行同步脉冲也是窄脉冲，两者较难区别开来，如果采用触发式控制，则干扰会变得很严重，因此行扫描同步控制采用抗干扰性能较好的 AFC 电路。

4.5.2 同步电路分析

东芝 TA 两片机同步分离及场同步电路如图 4-43 所示。含有同步脉冲的 Y 信号从



TA7698AP 的③⑦脚输入,经同步分离后,复合同步信号一路送往鉴相电路,另一路从③⑥脚输出,然后经 R305、C330 积分,取出场同步信号,再经 VD302、C310 加到②⑧脚去控制场振荡器的频率。VD302 为 5.1V 导通的稳压管,它保证了经积分后幅度较大的场同步信号能通过,而幅度很小的行同步信号不能通过,起再次分离行场同步信号的作用。

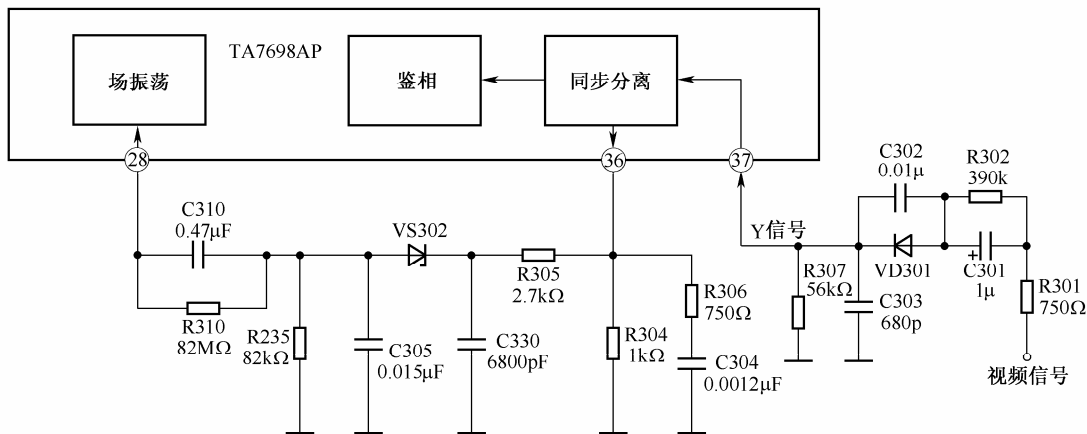


图 4-43 东芝 TA 两片机同步分离及场同步电路

TA 两片机行 AFC 电路如图 4-44 所示。行逆程脉冲经由 R402、C402、C401、RP452 组成的积分电路变换,变成负向锯齿波作用于③⑤脚。在 TA7698AP 内部集成电路中,来自同步分离电路的负极性行同步脉冲加至鉴相器,鉴相器比较行同步脉冲与锯齿波的相位关系,产生与两者相位差相对应的误差电压,通过由 R403、C403、R404、C407 组成的双时间常数低通滤波器变为 AFC 直流控制电压,经 R405 送至③④脚,对行振荡电路进行控制。

如果行振荡频率偏高,AFC 电路输出的直流误差电压为负值,使行振荡频率降低,直到准确为止。反之若行振荡频率偏低,则 AFC 电路输出的直流误差电压为正值,使行振荡频率上升,直到准确为止。

4.5.3 同步电路故障检修

同步电路故障通常有三种:①行、场均不同步;②行不同步;③场不同步。下面介绍这三种故障的检修技巧。

1. 行、场均不同步

行、场均不同步故障发生在同步分离电路。

首先检查同步分离电路有没有视频信号输入,可测量 TA7698AP③⑦脚电压,若为-0.6V,表明有视频信号输入,若为 0V,则表明没有视频信号输入,此时应检查 R301、C301、VD301 元件是否开路。也可以用示波器观察 TA7698AP③⑦脚视频信号波形,则更直观。

若 TA7698AP③⑦脚视频输入正常,应接着检查 TA7698AP③⑥脚电压与波形。TA7698AP ③⑥脚为复合同步脉冲输出。

若弱信号同步正常,强信号同步不正常,通常是 AGC 电路故障所致。因为当 AGC 控制有故障时,信号通道增益过大,造成强信号时同步脉冲被压缩,同步脉冲分离不出来。

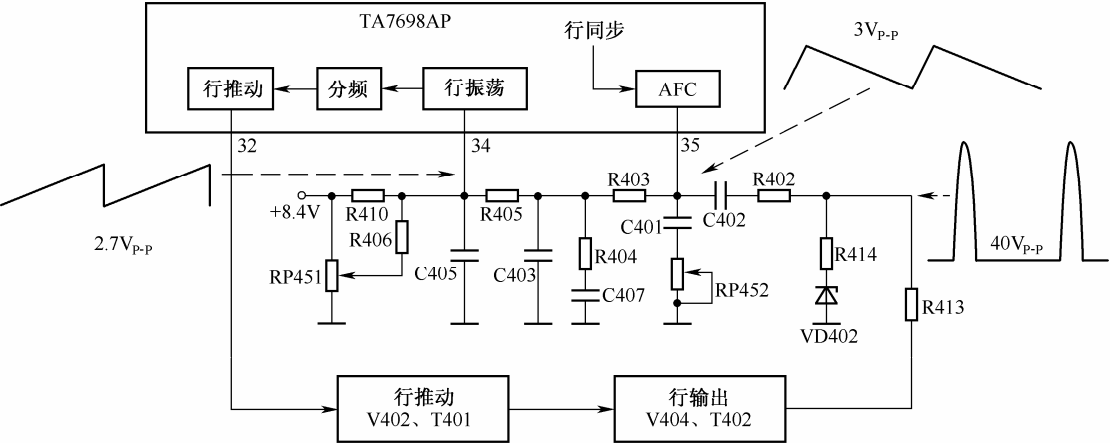


图 4-44 TA 两片机行 AFC 电路

2. 行不同步

行扫描不同步时，将出现图 4-46 所示故障现象，即出现向左下方或向右下方倾斜的黑白相间条纹。行不同步，场同步正常，说明同步分离电路正常，此时应检查行 AFC 电路及行振荡电路。

实现行扫描同步的条件是：行扫描自由振荡频率基本准确，偏差在 AFC 捕捉范围之内；行扫描 AFC 电路工作正常，即有行同步脉冲及行逆程脉冲输入，两种脉冲能进行频率及相位比较。

例如，行振荡电路中的 RP451 未调好，使行自由振频偏差太大，于是出现图 4-45 所示行不同步故障现象。同理，R413、R402、C402 若开路，行逆程脉冲便不能输入到 AFC 电路，将出现行不同步故障。当 R403、R405 开路，AFC 控制电压不能加到行振荡电路，也将出现行不同步故障。

3. 场不同步

场不同步，但行同步正常，屏幕能重现图像，但图像不稳定，上下移动，如图 4-46 所示。



图 4-45 行不同步案例（RP451 未调好）

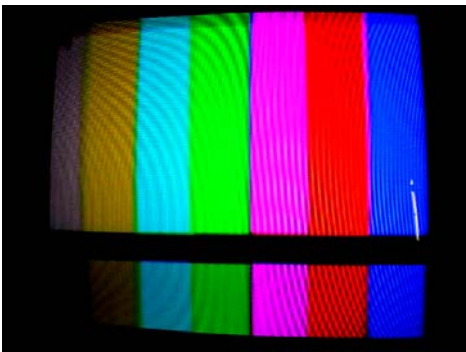


图 4-46 场不同步（RP351 没有调好）

实现场扫描同步的两个条件是：①TA7698AP⑧脚有场同步脉冲输入；②场振荡电路的自由振荡周期稍长于 20ms。故障检修部位是：场振荡电路、场同步分离电路（宽度分离）。



RP351 是场振荡频率调整电位器,若调整不良,则条件②不成立,因此产生图 4-46 所示故障现象,即图像上下移动。TA7698AP⑳脚有场同步脉冲输入的标志是,㉑脚能检测到-0.5V 电压。当 C310、R310、VD302、R305 开路时,㉑脚就没有场同步脉冲输入。

知识梳理与总结

要学好 CRT 电视机维修技术,应了解彩色电视广播基础知识,这由任务 4-1 来完成。重点内容有:全电视信号组成,电视信号调制方法、彩色三要素、三基色原理、PAL 制编码。

要学好 CRT 电视机维修技术,必须能阅读 CRT 电视机的电原理图,这由任务 4-2 来完成。CRT 电视机由高频调谐器电路、中频信号处理电路、亮度信号处理电路、同步电路、音频放大电路、电源电路、扫描电路、彩色解码电路、微处理器控制等电路组成,其中后 5 种电路已在项目 3 中学习,所以本项目只要学习前 4 种电路即可。

任务 4-3 是三无故障检修,三无故障通常发生在三个部位,即电源电路、待机电路、行扫描电路,这三种电路故障的具体检修方法已在项目 3 中介绍,所以任务 4-3 仅介绍三无故障部位的判别方法。

任务 4-4 是图像不正常故障检修,故障不正常包括无图无声、有图有声、图像质量差等故障现象,故障范围大,是重点学习内容。首先确定故障部位,然后再找出损坏元器件。

任务 4-5 是同步不良故障检修,主要有行不同步、场不同步两种故障现象。同步不良故障范围较窄,故障判别也容易,检修一般不成问题。

思考与练习 4

1. 什么是电视机中的隔行扫描?为什么要采用隔行扫描?
2. 为什么图像信号采用残留边带调幅发射方式?
3. 画出 8 频道高频电视信号的频谱结构图。
4. 什么是彩色三要素?各要素分别由什么因素决定?
5. 人的视觉特性有哪些?彩色图像大面积着色的依据是什么?
6. 何谓三基色原理?三基色与混合色的关系如何?
7. 请分析下列颜色相加混色后的色调:
 - (1) 黄色+紫色+青色
 - (2) 黄色+青色+蓝色
 - (3) 紫色+绿色+红色
8. 为什么要发送色差信号?G-Y 信号为什么不发送?
9. 以彩条测试图案为例,请画出 R、G、B、Y、R-Y、G-Y、B-Y 波形。
10. 什么是 PAL 制的逐行倒相正交平衡调幅?
11. 为什么要发送色同步信号?
12. 彩色全电视信号由哪些信号组成?各信号的作用分别是什么?
13. 画出彩色电视机整机电路组成框图。
14. 高频调谐器有何作用?它由哪些电路组成?



15. 电调谐高频头器通常有哪些引脚, 各引脚功能如何?
16. 画出中放频率特性曲线, 标出 30MHz、31.5MHz、39.5MHz 在曲线上的位置, 请问 30MHz、31.5MHz、39.5MHz 各是什么信号? 为什么要加以吸收?
17. 声表面波滤波器有何作用?
18. 在中放电路和高放电路中, 为什么要加入 AGC 控制? 两者有何区别?
19. AFT 电路有何作用? 它是如何工作的?
20. 从天线接收开始到扬声器发出声音, 伴音信号要经过哪些电路? 其频率如何变化?
21. 电视机亮度通道由哪些电路组成?
22. 亮度通道中为什么要设立亮度延时线? 如果不设立亮度延时线, 彩色图像质量将受到什么样的影响?
23. 在 TA 两片机中, 如果要改变 ABL 的电子束起控电流大小, 采用什么方法?
24. 如何检修电视机三无故障?
25. 为什么通过观察屏幕噪声点的浓密程度, 可判别无图像故障的部位?
26. 电视机无光有声故障如何检修?
27. 屏幕光栅太亮或太暗故障如何检修?
28. 失去亮度信号的故障现象有何特征? 应怎样检修?
29. 同步分离电路由哪几部分组成? 其性能有何要求?
30. 当复合同步脉冲通过 RC 积分电路时, 为什么场同步脉冲有输出而行同步脉冲无输出?
31. 当场自由振荡频率高于 50Hz 或大大低于 50Hz 时, 为什么不能实现场同步?
32. 行不同步故障如何检修?
33. 场不同步故障如何检修?



项目5

LCD-TV维修技术

液晶电视机即采用 LCD 面板作为显示屏的电视机，简称 LCD-TV。液晶电视机是 LCD 最高级、最复杂的一个应用领域。液晶电视机属于高档电子产品，近年来发展迅猛，很快普及到千家万户。LCD-TV 的维修问题日益突出，本项目介绍 LCD-TV 维修入门知识。

本项目有 3 个任务：任务 5-1 是液晶显示器认知，任务 5-2 是 LCD-TV 电路认知与拆装，任务 5-3 是 LCD-TV 维修技术。

学习导航

学习 目标	最终目标	能对液晶电视机进行板级维修
	促成目标	1) 了解液晶显示基本原理 2) 熟悉液晶电视机电路组成 3) 能正确拆装液晶电视机 4) 能说出液晶电视机各电路板的功能 5) 能检修液晶电视机板级故障
教师 引导	知识引导	液晶显示器结构与原理；液晶电视机电路组成与原理；液晶电视机故障分析；液晶电视机拆装技巧；液晶电视机板级故障检测技巧
	技能引导	液晶电视机拆装是维修的基础，要求教师示范后学生再练习，然后再进行液晶电视机板级故障检测练习
	重点把握	液晶电视机拆装技巧，怎样判别板级故障
	建议学时	12 学时



任务 5-1 液晶显示器认知

液晶电视机是以液晶显示器（LCD）作为显示屏的一种平板型电视机，LCD 英文全称为 Liquid Crystal Display，它是一种采用了液晶控制透光度技术来实现色彩的显示器。LCD 从诞生发展至今，在硬件技术层面逐渐进入较为稳定的成熟期，已成为平板显示器中的佼佼者。

1. 学习目标

最终目标：能简述液晶显示器基本原理。

促成目标：1) 了解液晶基本概念及分子结构；

2) 了解液晶基本性质；

3) 熟悉液晶显示基本原理；

4) 熟悉液晶显示器基本结构；

5) 熟悉 TFT-LCD 特点；

6) 能简述液晶显示器原理。

2. 活动设计

动笔型练习（15 分钟课堂独立作业），设计 10 个填空题如下。

1) LCD 中文含义是：_____。

2) CCFL 中文含义是：_____。

3) TFT 中文含义是：_____。

4) 液晶是能在某温度范围内兼有_____和_____两者特性的物质。

5) 在显示技术中，最广为应用的液晶是_____。

6) 液晶的基本性质有_____、_____、_____。

7) 背光模组的作用是_____。

8) CCFL 的驱动方式是_____。

9) TFT-LCD 在每个液晶像素点上设计一个_____。

10) 液晶屏的反转驱动法是指像素点的电压_____。

3. 相关知识

相关知识部分将介绍液晶基础知识（液晶分子结构、液晶种类、液晶基本性质、液晶显示原理），重点介绍液晶显示器结构、原理及 TFT 液晶屏的驱动。

5.1.1 液晶基础知识

在物理学上把物质分为三态，即固态、液态和气态。在自然界中，大部分材料随温度的变化只呈现固态、液态和气态三种状态。液晶（Liquid Crystal）是不同于通常的固态、液态和气态的一种新的物质状态，它是能在某个温度范围内兼有液体和晶体两者特性的物质状态，故又称为物质的第四态。

液晶最早是奥地利植物学家莱尼茨尔（F. Reinitzer）于 1888 年发现的。次年，德国物理学家莱曼（O. Lehmann）发现这些白而浑浊的液体外观上虽然属于液体，但却显示出各相



异性晶体特有的双折射性。于是莱曼将其命名为“液态晶体”，这就是“液晶”的由来。

1. 液晶的分子结构

液晶是一种介于固体与液体之间、具有规则性分子排列的有机化合物，一般最常用的液晶为向列相（nematic）液晶，分子形状为细长棒形，长约为 1nm，宽约为 10nm。液晶的分子结构如图 5-1 所示。液晶分子具有两个特点：一是细长的；二是刚性的。

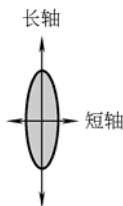


图 5-1 液晶的分子结构

液体、液晶及晶体的分子结构比较如图 5-2 所示。液晶的特点是构成液晶的分子指向有规律，而分子之间的相对位置无规律。前者使液晶具有晶体才有的各向异性，后者使之具有液体才有的流动性。

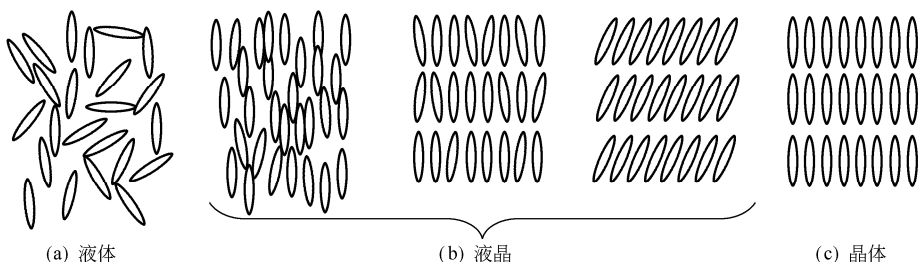


图 5-2 液体、液晶及晶体的分子结构比较

2. 液晶的种类

液晶的种类很多，自然存在的或人工合成的液晶多达数千种，但液晶物质基本上都是有机化合物。按液晶相形成的条件来归纳分类，液晶可以分为热致液晶、溶致液晶、感应液晶及流致液晶。

1) 热致液晶：把某些有机物加热熔解，由于加热破坏了晶体点阵结构而形成的液晶称为热致液晶，就是由于温度变化而出现的液晶。目前用于显示的液晶材料基本上都是热致液晶。

热致液晶因分子排列有序状态的不同，可以分为近晶相（smectic）液晶（又称层状液晶）、向列相（nematic）液晶（又称丝状液晶）、胆甾相（cholesteric）液晶（又称螺旋状液晶），这三种热致液晶的分子结构差异如图 5-3 所示。

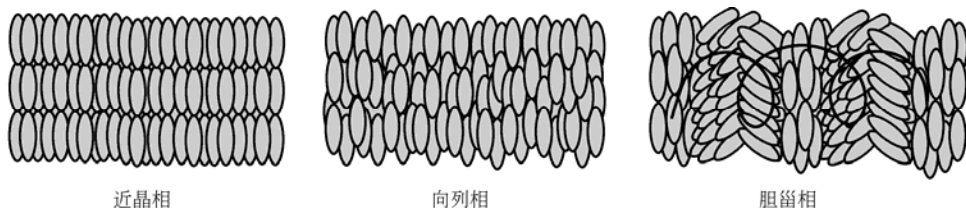


图 5-3 向列相、胆甾相和近晶相液晶分子结构差异

近晶相液晶：smectic 由希腊语而来，是肥皂状的意思，因这种类型的液晶在浓肥皂水溶液中，都显示特有的偏光显微镜像，因而命名为皂相。近晶相液晶分子分层排列，有同一方向，比较接近晶体，故译为近晶相。此类液晶的黏滞系数很大，分子可以左右、前后滑动，



但不能在上下层间移动，响应速度慢，多用于光记忆材料的发展上。

向列相液晶：nematic 也是由希腊语而来，是丝状之意，因这种液晶的薄层在偏光显微镜下观察时，呈现丝状结构，故称之为丝相。向列相液晶分子位置杂乱，没有层状结构，但方向大致一致，故译为向列相。此类液晶的黏度小，分子容易顺着长轴方向自由移动。向列相液晶是光电子技术和显示上最为广泛应用的液晶。

胆甾相液晶：胆甾相液晶则是由于此种液晶最早是从胆甾醇类物质中发现的，故称之为胆甾相。胆甾相液晶由多层向列型液晶堆积而成，其分子排列特点是：在某一平面内分子长轴的指向是一致的，与这一平面平行的另一平面内分子长轴的指向却一致地朝着另一个方向，两相邻平面分子的指向稍有不同，分子的指向矢（液晶分子的平均指向）在空间成一螺旋，如图 5-3 胆甾相分子结构中的粗黑线所示。

2) 溶致液晶：把某些有机物放在一定的溶剂中，由于溶剂破坏了晶体点阵结构而形成的液晶称为溶致液晶，它是由于液晶浓度发生变化而出现的液晶相，如小孩玩耍吹在空气中的肥皂水气泡，是最常见的溶致液晶示例。溶致液晶广泛存在于自然界、生物体内，并已被不知不觉地应用于人类生活的各个领域。

3) 感应液晶：在外场（力、电、磁、光等）作用下进入液晶态的物质，称为感应液晶。

4) 流致液晶：通过施加流动场而形成液晶态的物质，称为流致液晶，如聚对苯二甲酰对氨基苯甲酰肼。

3. 液晶基本性质

1) 边界取向性质：当无外场存在时，液晶分子在边界上的取向很复杂。在最简单的自由边界上，液晶分子的取向会随液晶材料的不同而不同，可以垂直、平行，也可倾斜于边界，如图 5-4（a）所示。如果边界是一层刻有凹凸沟槽的取向膜，则凹凸沟槽对液晶分子的取向起主导作用，通过摩擦，液晶分子就朝这个方向取向，如图 5-4（b）所示。

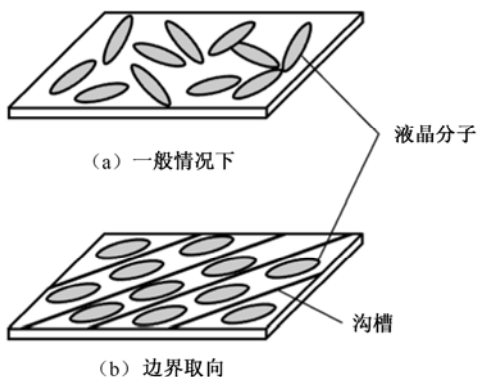


图 5-4 液晶边界取向性质

2) 电气性质：液晶的电气性质如图 5-5 所示。在上、下电极板之间加一电场时，电极板之间的液晶分子长轴就会沿着电场方向排列。这一电气性质是实现液晶显示的基础。

3) 旋光性质：液晶的旋光性质如图 5-6 所示。若上、下玻璃基板取向膜沟槽相差某一角度，则在玻璃基板中同一平面上的液晶分子取向虽然一致，但相邻平面液晶分子的取向逐渐旋转扭曲。当可见光波长远小于液晶分子在玻璃基板间的旋转扭曲螺距时，则光矢量会同样

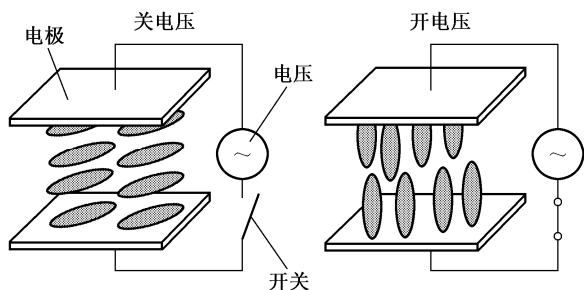


图 5-5 液晶电气性质

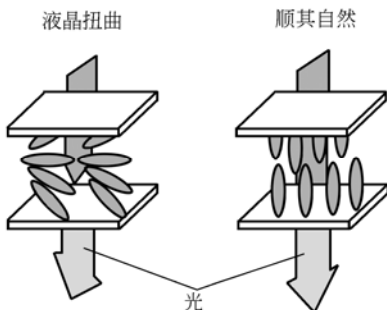


图 5-6 液晶的旋光性质

随着液晶分子的旋转而跟着旋转，在出射时，光矢量转过的角度与液晶分子旋转扭曲角相同。

4. 液晶显示原理

在两片玻璃基板上装有取向膜，液晶会沿着沟槽取向，由于玻璃基板取向膜沟槽偏离 90° ，所以液晶分子成为扭转型，当玻璃基板没有加入电场时，光线透过偏光板跟着液晶做 90° 扭转，通过下方偏光板，液晶面板显示白色，如图 5-7 (a) 所示。当在基板上加电场时，液晶分子产生配列变化，光线通过液晶分子空隙维持原方向，被下方偏光板遮蔽，光线被吸收无法透出，液晶面板显示黑色，如图 5-7 (b) 所示。液晶显示器便是根据此电压有无，使面板达到显示效果的。

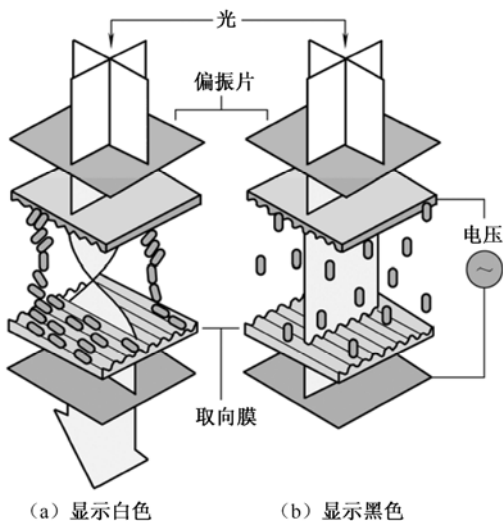


图 5-7 液晶显示原理图

5.1.2 液晶显示器件结构与原理

从第一台 LCD 显示屏的诞生以来的近 40 年中，液晶显示技术得到了飞速的发展。液晶显示器经历了 TN-LCD、STN-LCD 到 TFT-LCD 的发展过程。

1. 液晶显示器件结构

液晶显示器结构如图 5-8 所示，它由液晶面板和背光模组两大部分组成。

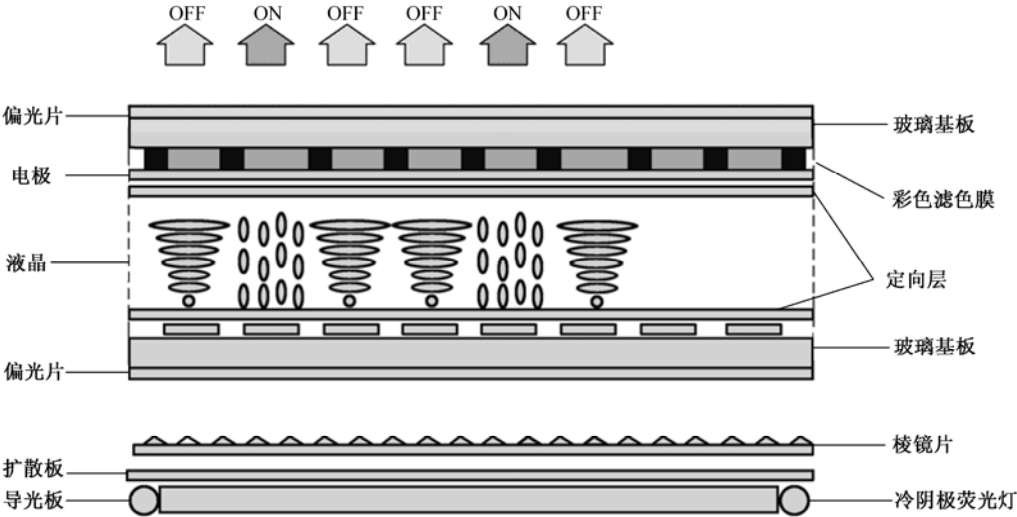


图 5-8 液晶显示器件结构

液晶面板包括偏光片（Polarizer）、玻璃基板（Substrate）、彩色滤色膜（Color Filters）、电极（ITO）、液晶（LC）、定向层（Alignment layer）。

1）偏光片：分为上偏光片和下偏光片，上下两偏光片相互垂直。其作用就像是栅栏一般，会阻隔掉与栅栏垂直的光波分量，只准许与栅栏平行的光波分量通过。

2）玻璃基板：分上玻璃基板和下玻璃基板，主要用于夹住液晶。对于 TFT-LCD，下面的那层玻璃长有薄膜晶体管（Thin Film Transistor-TFT），而上面的那层玻璃则贴有彩色滤色膜。

3）彩色滤色膜：产生红、绿、蓝三种基色光，再利用红、绿、蓝三基色光的不同混合，便可以混合出各种不同的颜色。

4）电极：分为公共电极和像素电极。信号电压就加在像素电极与公共电极之间，从而改变液晶分子的转动。

5）液晶：液晶材料从联苯腈、酯类、含氧杂环苯类、嘧啶环类液晶化合物逐渐发展到环己基（联）苯类、二苯乙炔类、乙基桥键类、含氟芳环类、二氟乙烯类液晶化合物。

6）定向层：又称取向膜，其作用是让液晶分子能够整齐排列。若液晶分子的排列不整齐，就会造成光线的散射，形成漏光的现象。

背光模组由冷阴极荧光灯（CCFL）、导光板（Wave guide）、扩散板（Diffuser）、棱镜片（Lens）组成。背光模组的作用是将光源均匀地传送到液晶面板。背光模组各部分作用说明如下：

1）CCFL（Cold Cathode Fluorescent Lamps）：是一种管状发光体，是一种线光源。冷阴极荧光灯能够提供能耗低，光亮强的白光。

2）导光板：是背光模组的“心脏”，其主要功能在于导引光线方向，提高面板光灰度及控制亮度均匀。

3）扩散板：主要功能就是要让光线透过扩散涂层产生漫射，让光的分布均匀化。

4）棱镜片：负责把光线聚拢，使其垂直进入液晶模块以提高灰度，所以又称增亮膜。



2. 冷阴极荧光灯

CCFL 是填充了惰性气体的密封玻璃管。CCFL 具有很多非常好的特性,包括极佳的白光源、低成本、高效率、长寿命(大于 25000 小时)、稳定及可预知的操作、亮度可轻易变化、重量轻。

CCFL 主要用于大尺寸 LCD,其最大缺点是散热与电磁干扰问题。目前使用较多的是单灯管和双灯管,随着 LCD 尺寸加大,出现了 4 灯管、6 灯管、8 灯管、12 灯管和 16 灯管。

冷阴极荧光灯结构如图 5-9 所示。冷阴极荧光灯发光原理是:当在管子上加高压时,气体电离产生 253.7nm 紫外光。紫外光激励内部磷光粉涂层,产生可见光。

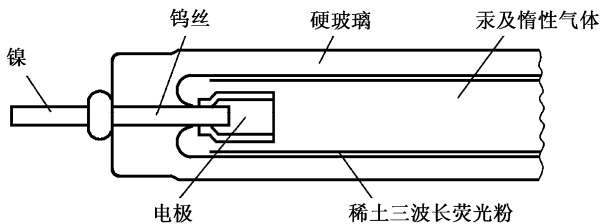


图 5-9 冷阴极荧光灯结构

CCFL 需要在高压(一般 500V 以上)、交流(一般 40kHz 左右)电源的驱动下工作,因此通常需要将直流低压电源逆变为高压交流电源。

CCFL 的伏安特性如图 5-10 所示,灯管启动初期,电流非常微弱,随着灯管两端电极之间的电压增大,灯管电流逐渐增大。当灯管两端供电电压大于启动电压 U_{start} 时,灯管启动结束。图中 U_{con} 为导通电压, U_{T} 、 I_{T} 分别为截止电压与截止电流。当灯管启动后,灯管出现负阻效应,即灯管电流增大,两极间电压减小。灯管稳定发光后,灯管两端电压受制于电流值,其发光亮度由电流决定。

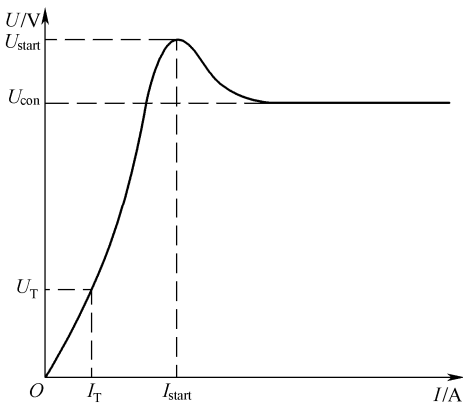


图 5-10 CCFL 电压与电流关系

CCFL 的驱动电路如图 5-11 所示。这是一个自激推挽式 DC-AC 逆向变换电路,变压器由 3 个绕组组成,其中推挽管 VT1 和 VT2 的集电极之间接到初级绕组,CCFL 两端通过整流电容 C_{bal} 接到次级绕组,VT1 和 VT2 的基极之间接到反馈绕组。L 的作用是为变压器 T 的中心抽头提供一个较高的交流输入阻抗。R1 和 R2 提供基极偏置电流,从而决定 VT1 和 VT2



的集电极电流大小，最终决定 CCFL 的次级电流大小。当电源接通后，由于 VT1、VT2 的性能不可能完全一致，假如 $i_1 > i_2$ ，则变压器的磁通方向由 i_1 决定，磁通的变化在反馈绕组产生感应电势，其极性是带“·”端为负，反馈电势使 VT1 电流再增大，使 VT2 电流再减小，这就是正反馈，从而形成振荡，并在次级绕组产生交流高压。此交流高压经 C_{bal} 加到 CCFL 灯管两端，驱动 CCFL 工作。

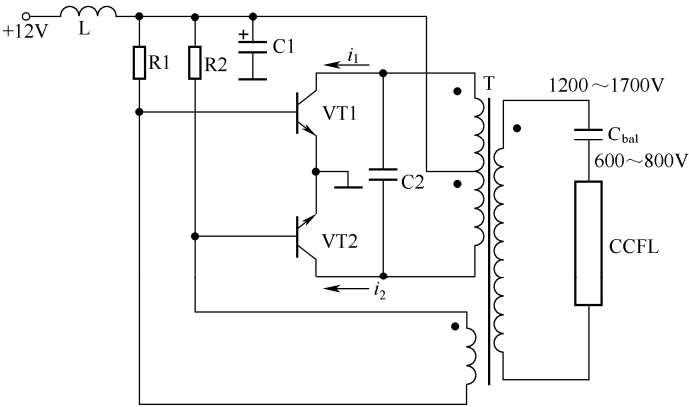


图 5-11 CCFL 驱动电路

另外需要说明的是，在手表、数字钟等 LCD 中，采用了体薄量轻电致发光（EL）背光源；在移动电话，遥控器、微波炉的 LCD 中，采用了长寿命的 LED 背光源。

3. TFT液晶显示器件

TFT（Thin Film Transistor）-LCD 为薄膜晶体管液晶显示器件，又称为三端子有源矩阵液晶显示器件，即在每个液晶像素点的角上设计一个三端子元件——场效应开关管，如图 5-12 所示。TFT 的栅极与扫描电极母线相连。当开关导通时，位于同一行上的所有像素将与相应的数据电极母线相通，信号开始对上述液晶像素充电。

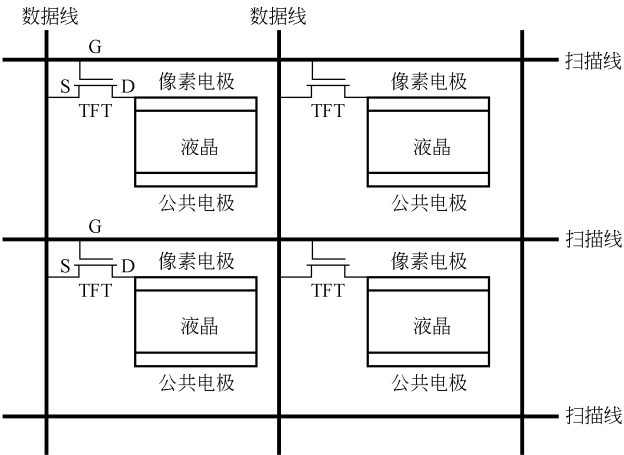


图 5-12 TFT-LCD 结构

三端子开关元件的作用是使每个液晶像素之间彼此独立而无交叉串扰效应。行驱动器控



制每行像素点上的 TFT 开/关态，即提供 TFT 的栅扫描电压，可简单地开或关某一行所有的 TFT，在这一时刻，只允许访问这一行的像素。

一个典型的 TFT-LCD 液晶盒结构如图 5-13 所示，其液晶像素的 TFT 控制结构如图 5-14 所示。每行和每列的交叉点有一个 TFT，TFT 与一个显示单元相连接为像素。进一步的等效分析如下。

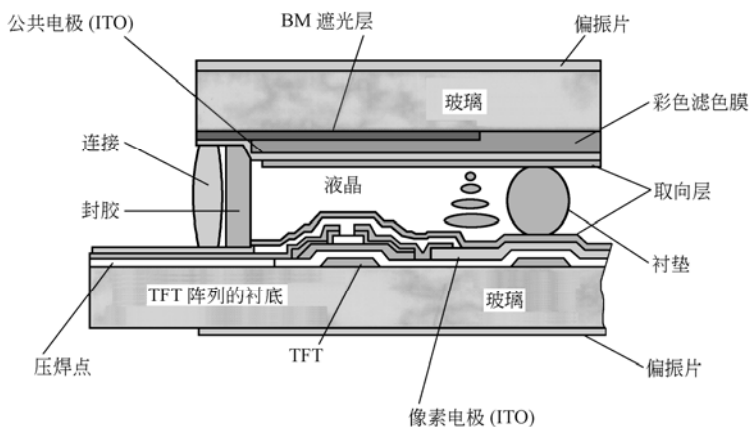


图 5-13 TFT-LCD 液晶盒结构

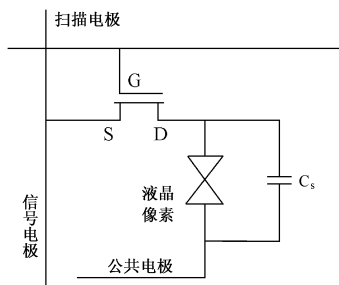


图 5-14 液晶像素的 TFT 控制结构

写入的电压由于场效应管电容 C_s 的作用，在撤销写入电压后会自行保持一段时间，可以设定保持半帧。下半帧时，改变一下输入极性，即可以保证液晶处于交流驱动状态。

TFT-LCD 利用薄膜技术所做成的电晶体电极，利用扫描的方法控制任意一个显示点的亮与暗。光源照射时先通过下偏光片向上透出，借助液晶分子传导光线。电极导通时，液晶分子的排列状态会发生改变，也通过遮光和透光来达到显示的目的。由于场效应晶体管具有电容效应，能够保持电位状态，已经透光的液晶分子会一直保持这种状态，直到场效应晶体管 (FET) 电极下一次再加电改变其排列方式为止。

TFT-LCD 为每个像素都设有一个 TFT 开关，其加工工艺类似于大规模集成电路。由于每个像素都可以通过点脉冲直接控制，因而，每个节点都相对独立，并可以进行连续控制，这样的设计不仅提高了显示屏的反应速度，同时可以精确控制显示灰度，所以 TFT 型液晶的色彩更逼真。



5.1.3 TFT液晶屏的驱动

液晶显示的驱动方式有许多种，下面介绍液晶电视中的 TFT 液晶屏的驱动。

1. TFT液晶显示屏的电路结构

液晶显示屏的电路结构如图 5-15 所示。

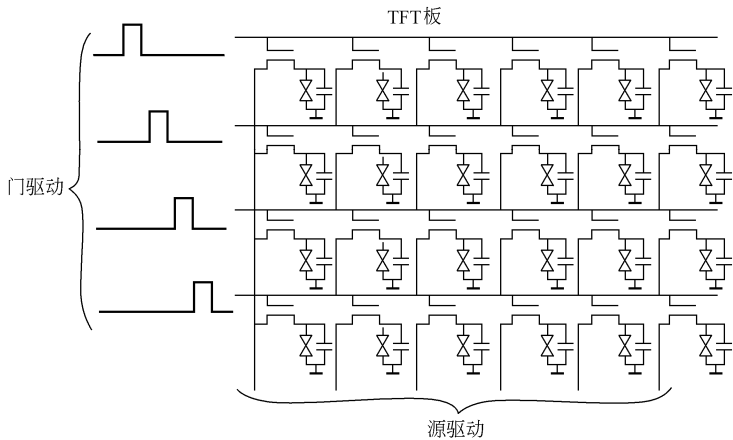


图 5-15 液晶显示屏的电路结构

从图中可知，每一个 TFT 与 C_s 电容，代表一个显示的点。而一个基本的显示单元，则需要三个这样显示的点，分别来代表 RGB 三基色。以一个 1024×768 分辨率的 TFT-LCD 来说，共需要 $1024 \times 768 \times 3$ 个这样的点组合而成。然后再由如图 5-15 所示中的门驱动 (gate driver) 所送出的波形，依序将每一行的 TFT 打开，好让整排的源驱动 (source driver) 同时将一整行的显示点充电到各自所需的电压，显示不同的灰阶。当这一行充好电时，门驱动便将电压关闭，然后下一行的门驱动将电压打开，再由相同的一排源驱动对下一行的显示点进行充放电。如此依序下去，当充好了最后一行的显示点，又反过来从第一行再开始充电。以一个 1024×768 SVGA 分辨率的液晶屏来说，总共会有 768 行的门走线，而源走线则共需要 $1024 \times 3 = 3072$ 条。以一般的液晶屏多为 50Hz 的更新频率来说，每一幅画面的显示时间为 $1/50 = 20\text{ms}$ 。由于画面的组成为 768 行的门走线，所以分配给每一条门走线的开关时间约为 $20\text{ms}/768 \approx 26\mu\text{s}$ 。所以在图 5-15 中门驱动送出的波形中，这些波形为一个接着一个宽度为 $26\mu\text{s}$ 的脉冲波，依次打开每一行的 TFT。而源驱动则在这 $26\mu\text{s}$ 的时间内，经由源走线，将显示电极充放电到所需的电压，好显示出相对应的灰阶。

2. 液晶屏的反转驱动方法

由于液晶是有机化合物，在固定的电场作用下将发生电化学反应，从而导致液晶材料的老化及失效，所以液晶像素点不宜施加直流电压。如果液晶屏显示静止画面，也就是说像素点一直显示同一个灰阶的时候怎么办？这就要采用反转驱动方法。

所谓反转驱动方法，就是指加在像素点上的电压正负极性是交替变化的。于是液晶屏的驱动电压就分为两种极性，一种是正极性，另一种是负极性。当显示电极的电压高于公共电极电压时，就称之为正极性。而当显示电极的电压低于公共电极的电压时，就称之为负极性。



当上下两层玻璃的压差绝对值固定时，不管是显示电极的电压高，或是公共电极的电压高，所表现出来的灰阶是一模一样的。不过这两种情况下，液晶分子的转向却是完全相反，从而避免了液晶分子转向的固定现象的发生。所以当您所看到的液晶屏画面虽然静止不动，其实里面的电压极性正在不停地变换，而其中的液晶分子正不停地一次往这边转，另一次往反方向转。

图 5-16 是液晶屏的 4 种反转驱动方法，其共同点都是在下一次更换画面数据的时候来变换驱动电压的极性。以 50Hz 的更新频率来说，就是每 20ms 变换一次像素点驱动电压的极性。也就是说，对于同一点而言，它的极性是不停地变换的。而相邻的点是否拥有相同的极性，得依照不同的极性变换方式来决定。帧反转（frame inversion）方法，它整个画面所有相邻的点都拥有相同的极性。行反转（row inversion）和列反转（column inversion），各自在相邻的行与列上拥有相同的极性。点反转（dot inversion），是每个点与自己相邻的上下左右 4 个点，是不一样的极性。三角形反转（delta inversion），如果将 RGB 三个点视为一个基本单位，则与点反转很相似。

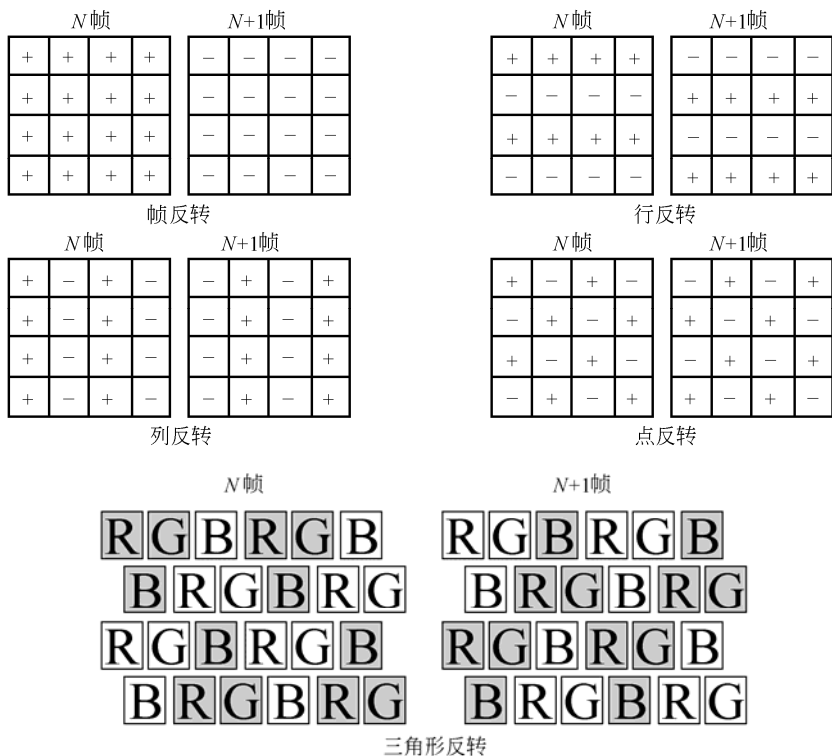


图 5-16 液晶屏的 4 种反转驱动方法

任务 5-2 LCD-TV 电路认知与拆装

LCD-TV 电路认知及拆装是 LCD-TV 维修工作的基础。LCD-TV 内部有各种电路板，应了解各电路板的功能及关键点测试。LCD-TV 机身轻薄，结构紧凑、不正确的拆卸方法很容易损坏 LCD-TV 外壳，所以拆卸 LCD-TV 是维修人员的一项基本功。



1. 学习目标

最终目标：会拆装液晶电视机。

- 促成目标：
- 1) 了解液晶电视机电路特点；
 - 2) 熟悉液晶电视机电路组成；
 - 3) 熟悉 LCD27A71 液晶电视机电路组成；
 - 4) 会拆装液晶电视机。

2. 活动设计

1) 液晶电视机拆装练习。打开 LCD27A71 液晶电视机机壳后盖，练习拆装技巧。

2) 在如图 5-17 所示的 LCD27A71 主板实物图中，找出下列信号接口：AV1 输入接口、AV2 输入接口、AV3 输入接口、S-VIDEO 端子信号输入接口、YUV 信号输入、VGA 信号输入、DVI 输入接口、HDMI 输入接口、ACV 输出接口、重低音输出接口、LVDS 屏接口。

3) 在如图 5-17 所示的 LCD27A71 主板实物图中，找出下列集成电路：FLI8532 (U3)、SIL9021 (U26)、SAA7117AH (U23)、MSP3410G (U38)、HY5DU28422ET (U7、U8)、MX29LV320AT-B (XU2)、TPA3004D2 (U40)、LV4052A (U37)。

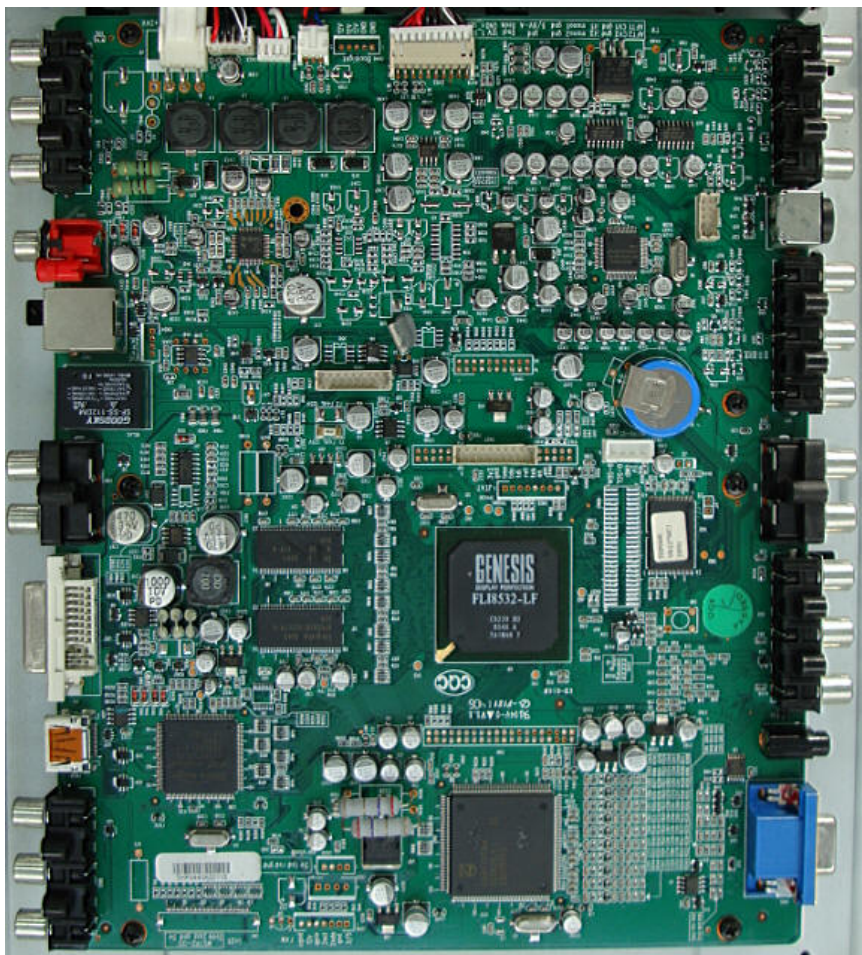


图 5-17 LCD27A71 液晶电视机主板实物图



3. 相关知识

相关知识部分将介绍 LCD27A71 液晶电视机的结构及电路组成,并重点介绍高频板、数字板中的各电路功能及重要芯片与接口。

5.2.1 GC32 机芯概述

与 CRT 电视机相比较, LCD-TV 除了机身轻薄外,在电路方面具有下列特点:①有丰富的输入信号接口;②有隔行扫描信号/逐行扫描信号转换电路;③有图像缩放(SCALER)电路,以实现 16:9 宽屏与 4:3 窄屏的转换;④有 LVDS 编码电路, LVDS (Low Voltage Differential Signal) 是指低压差分信号传输,是一种满足当今高性能数据传输应用的新型技术;⑤有 I²C 总线控制, I²C 总线控制是指集成电路之间的总线控制;⑥有 OSD 控制, OSD (On-Screen Display) 是指屏幕菜单式调节方式。

下面以 TCL 公司的 GC32 机芯为例,对 LCD-TV 的电路组成及工作原理进行分析。

采用 GC32 机芯的液晶电视机型号有: LCD21 (27/32/37/40) A71-P、LCD32 (37/40/42) B03-P、LCD26 (32/37/40/42) B66-P、LCD32 (37/42/47) B68-T、LCD27 (32/37/40/42/47) K73、LCD32 (37/42) B67、LCD32 (37) M3。

1. GC32 机芯特点

- 1) 最新数字 I²C 总线控制芯片;
- 2) 亮彩引擎;
- 3) 智能音量控制功能;
- 4) 内嵌 3D Y/C 分离技术;
- 5) 蓝、黑电平双扩展线路;
- 6) 色彩高保真自动跟踪系统;
- 7) WINDOWS 全屏中、英文菜单;
- 8) 三种可选色温;
- 9) 全功能红外线遥控;
- 10) 多制式国际线路, 200 个频道预选 (0~199);
- 11) AV 立体声输入、S-VIDEO、HDTV、VGA 及数字 DVI、HDMI 等接口;
- 12) 全自动调谐和手动调谐;
- 13) 动态影音、智能音效及丽音功能;
- 14) 支持 STDV 及 HDTV 模式 (480i/p、576i/p、720i/p 及 1080i/p);
- 15) TV 状态无信号 15 分钟自动待机。

2. GC32 机芯结构及电路组成

以 LCD27A71-P 液晶电视机为例,其整机实物图如图 5-18 所示。

LCD27A71-P 液晶电视机共使用 67 块集成电路,分别用于数字板、高频板、前控板、电源板。其中数字板又称主板,内部包括信号输入电路、信号解码及处理电路、运动图像及画中画处理电路、丽音解码及音效处理电路、伴音功放及静音控制电路、信号输出电路、待机控制电路、电源处理电路等。

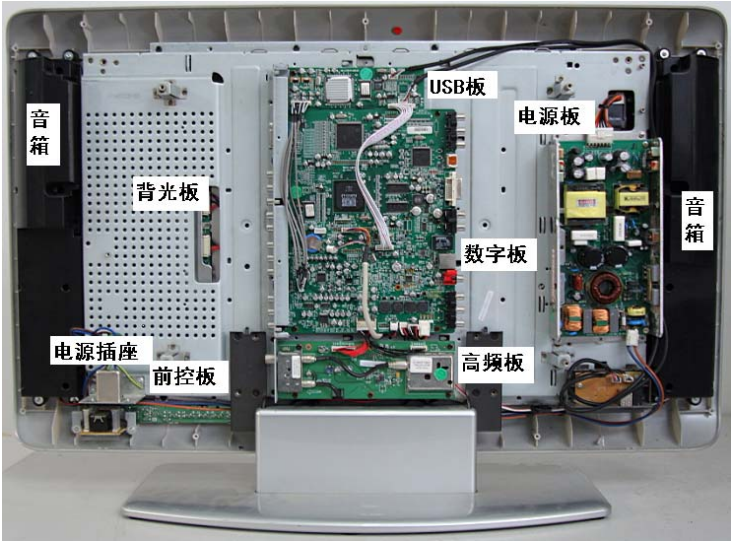


图 5-18 LCD27A71-P 整机实物图

LCD27A71-P 液晶电视机电路组成框图如图 5-19 所示。此液晶电视机集电视、画中画、电脑显示等功能，其核心技术芯片运用 Genesis 公司的 FLI8532 和 SAA7117 解码芯片组合实现画中画功能；显示输出为 SAMSUNG TFT-LCD 显示屏。

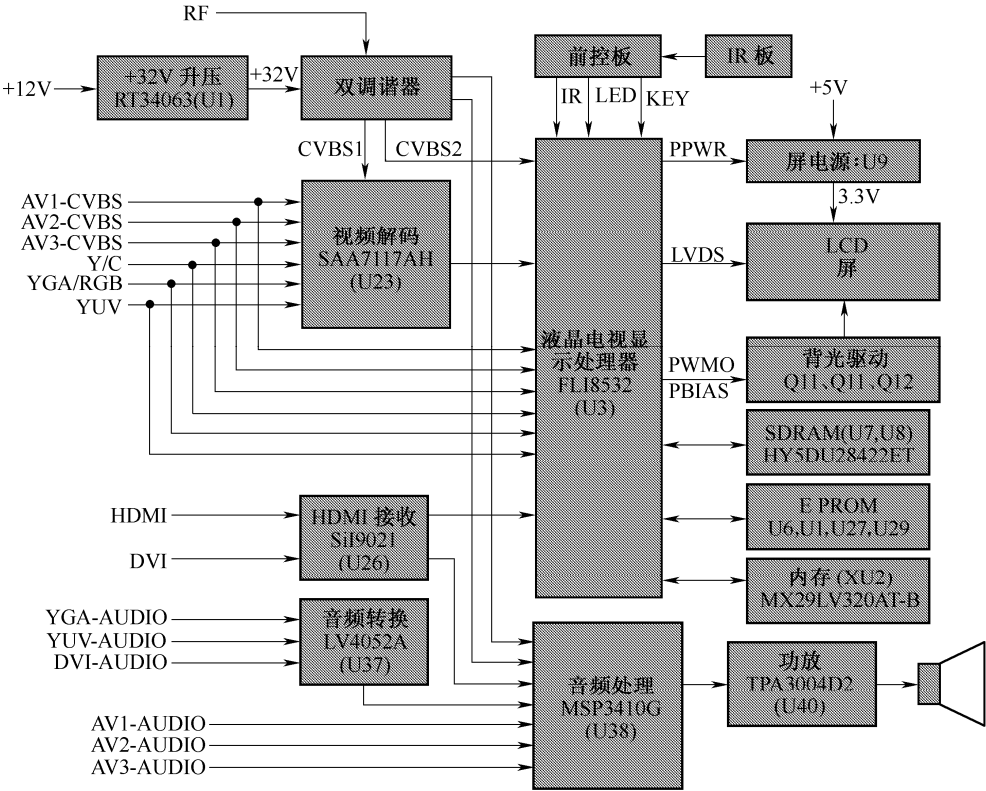


图 5-19 LCD27A71-P 液晶电视机电路组成框图



5.2.2 LCD27A71-P液晶电视机电路分析

1. 高频板电路

由于LCD27A71-P具有画中画功能,因此采用双高频调谐器接收。高频板实物图如图5-20所示,板中有两个相同型号规格的高频调谐器TMQZ6-429A(图中只有一个,另一个在实物图下方)、一个有源分配器MDLW3Z800A和一个电压升压芯片MC34063AD。



图 5-20 高频板实物图

1) 调谐器电路: 如图5-21所示, TMQZ6-429A调谐器内含高频放大、混频、中放、鉴频、预视放、AGC、AFT、锁相环(PLL)等功能。TMQZ6-429A调谐器的第⑥脚音频(AUDIO)输出功能未采用;第⑰脚输出视频(VIDEO)信号,该信号经VT1和VT3缓冲放大后,送往视频解码电路;第⑦脚输出声音中频(SIF)信号,该信号经VT6缓冲放大后送往丽音解码/音效处理电路;第⑱脚为自动频率调节(AFT)控制输入,第⑲脚为+32V调谐电压输入。系统通过I²C总线对调谐器进行调谐选台控制。双调谐器输出的视频信号CVBS1/CVBS2,分别送往FLI8532和SAA7117AH进行视频处理。双调谐器输出的伴音信号有两路,一路输出单声道音频信号(MONO-TUN1/MONO-TUN2)至MSP3410P进行音效处理;另一路输出声中频信号(IF-AUDIO1/IF-AUDIO2)至MSP3410P进行丽音解码及音效处理。

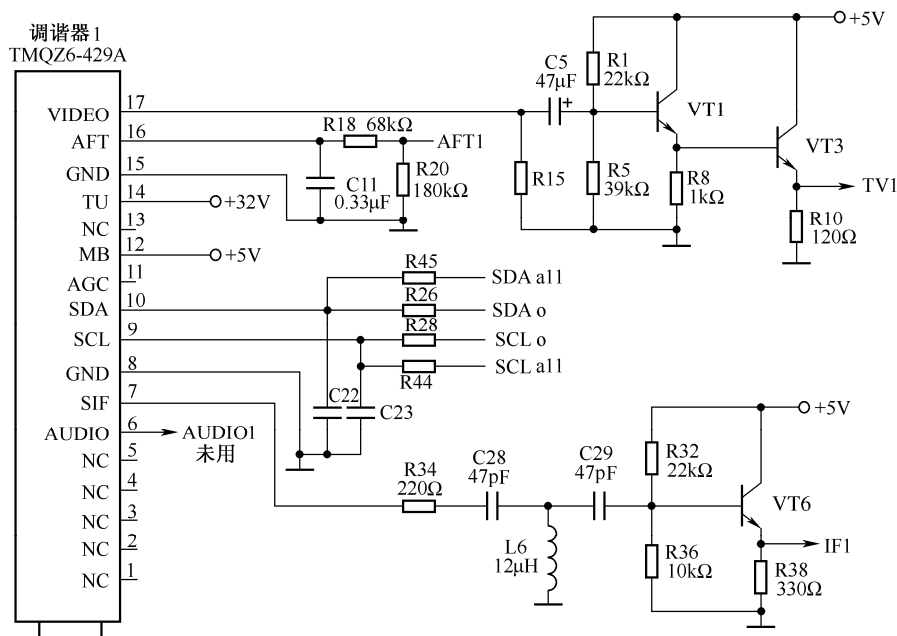


图 5-21 TMQZ6-429A 调谐器 1 电路



2) +32V 电压升压电路: +32V 电压电路主要由升压芯片 RT34063 (U1) 组成, 这是一个 DC-DC 变换电路, 电路如图 5-22 所示。该电路的主要功能是将+12V 直流电压升为调谐器所需的+32V 电压。升压原理是: 由 RT34063 的第②脚输出驱动脉冲控制工作在开关状态的 VT5, 当 VT5 导通时, 电流流经 L1, 在 L1 中储存磁场能量; 当 VT5 截止时, L1 中的左右正电势与+12V 叠加, 经 VD1 给 C17 充电, 在 C17 上产生+32V 的直流电压。

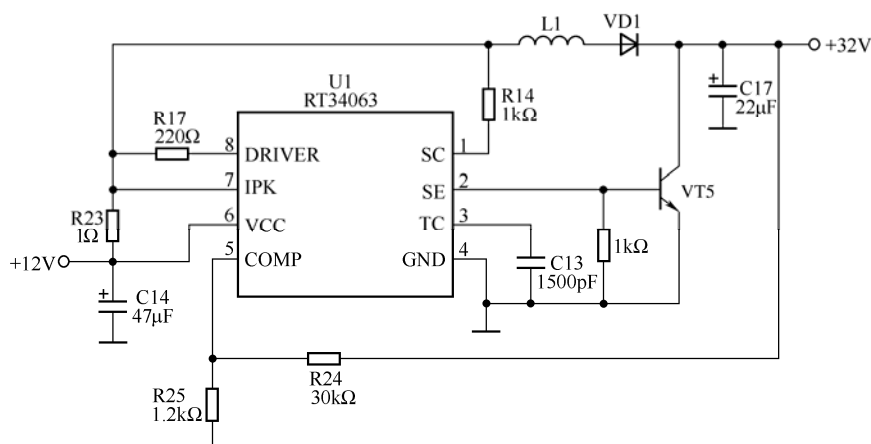


图 5-22 +32V 升压电路

2. 数字板(主板)电路

数字板又称主板, 其实物图如图 5-17 所示。板中包括信号输入电路、信号解码及处理电路、运动图像及画中画处理电路、丽音解码及音效处理电路、伴音功放及静音控制电路、信号输出电路、待机控制电路、电源处理电路等。

1) 信号输入电路: 信号输入共有 9 路, 即 RF 射频信号输入、AV1 视频信号输入、AV2 视频信号输入、AV3 视频信号输入、S-VIDEO 端子信号输入、YUV (HDTV) 信号输入、VGA 信号输入、DVI (数字视频接口) 信号输入、HDMI (高清晰度数字多媒体接口) 信号。

2) 信号解码及处理电路: 包括数字信号接收处理集成电路 Si19021 和信号解码处理电路 SAA7117AH。

3) 运动图像及画中画处理电路: 运动图像及画中画处理电路(代号 U3) 主要由数字处理芯片 FLI8532 组成。FLI8532 是专门针对 LCD-TV 和数字 CRT-TV 设计方案的超级芯片。

4) 丽音解码及音效处理电路: 丽音解码电路主要由 MSP3410G 芯片组成。丽音解码仅对来自双高频头的声中场信号 IF-AUDIO1 (或 IF-AUDIO2) 进行处理, 先对 IF-AUDIO1 (或 IF-AUDIO2) 信号进行模/数转换, 然后进行丽音解码, 最后进行数字式音效处理。

5) 伴音功放及静音控制电路: 伴音功放主要由 TPA3004D2 芯片组成。静音控制有 MCU 控制静音、开机静音及关机静音。

6) 信号输出电路: AV 信号由 CN8 输出插座输出, LCD 屏显信号由屏显接口电路输出。

7) 待机控制电路: 由 FLI8532 输出待机控制信号, 使电源板中的+12V 开关电源电压不能输入到主板, 并使电源板中的+24V 开关电源不工作。

8) 电源处理电路: 其主要功能是将电源板产生的+12V 直流电压转换成+5V 直流电压, 给主板各部分电路供电。



以上电路分析详见拓展知识（5.2.3）。

3. 电源系统

电源系统非常重要，LCD27A71-P 电源系统如图 5-23 所示，它由电源板电路及主板电源电路两部分组成。

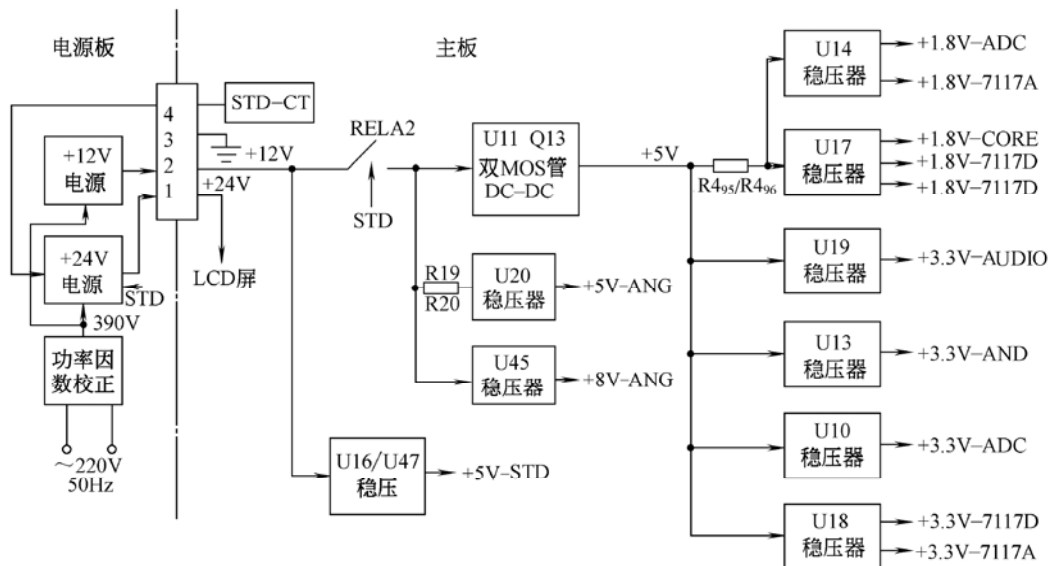


图 5-23 LCD27A71-P 电源系统

1) 电源板电路：电源板电路主要由功率因数校正（Power Factor Correction-PFC）电路、12V 电压开关电源（供数字板）、24V 电压开关电源（供 LCD 屏）三部分组成。

2) 主板电源部分：主板电源部分主要由待机控制继电器 REAL2、DC-DC 变换及一些三端稳压 IC 组成。在收看状态，+12V 开关电源和+24V 开关电源都工作，继电器开关 REAL2 闭合。在待机状态，+24V 开关电源不工作，继电器开关 REAL2 也断开，只有+5V-STD 电压正常。

3) 电源处理电路：电源处理电路位于主板中，如图 5-24 所示，其主要功能是将电源板（开关电源）产生的+12V 直流电压转换成+5V 直流电压，给主板各部分电路供电。图中 SC1102（U11）是低成本的电压模式 DC-DC 同步转换器。SC1102 内置温度补偿、基准电压、三角波振荡器、电流检测比较器及电压保护等电路。SC1102 的工作频率固定在 200MHz。图中右上角示出的 VT13 是两个 MOSFET 管，SC1102 从第⑥和第⑧脚分别输出 DRVH 和 DRVL 电压对 VT13 的两个 MOSFET 管进行控制，以实现 DC-DC 转换。

4. 待机控制电路

待机控制电路如图 5-25 所示。在待机状态，来自 FLI8532 的待机控制 STD-CTRL 为 0V 低电平，VT34 截止，使继电器 REL2 断开，导致+12V-ROW 的电源和主板+12V 的工作电源断开。在开机状态，待机控制 STD-CTRL 为 1V 高电平。

U48 待机控制电路如图 5-26 所示，U48（PIC12F675）是 8 位 CMOS 的微控制器，它可以接收来自遥控器、按键板以及 FLI8532 的信号，经内部处理，从⑥脚输出 STD-CTRL 待机控制信号。以下两种方式均可以进入待机状态：

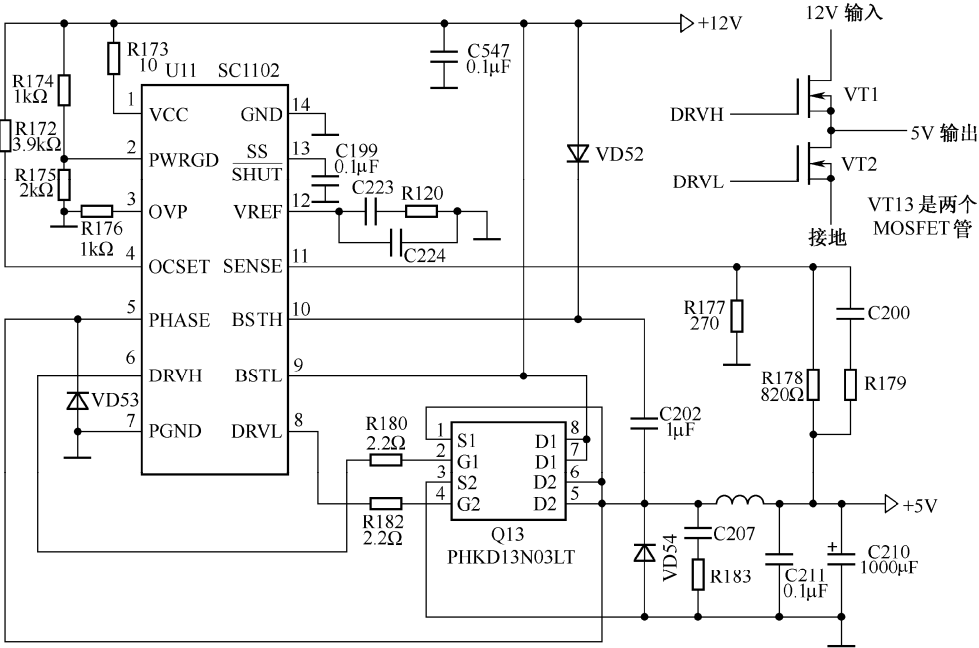


图 5-24 电源处理电路

1) FLI8532 的 AB24 脚接收到待机信号时, 经内部处理器解码识别出待机信号后, 由 FLI8532 的 Y25 脚输出待机指令 8532-IO1 到 U48 的⑤脚, 使 U48 的⑥脚输出一个低电平 STD-CTRL 信号到 VT34 基极, 使 VT34 截止, LCD-TV 处于待机状态。

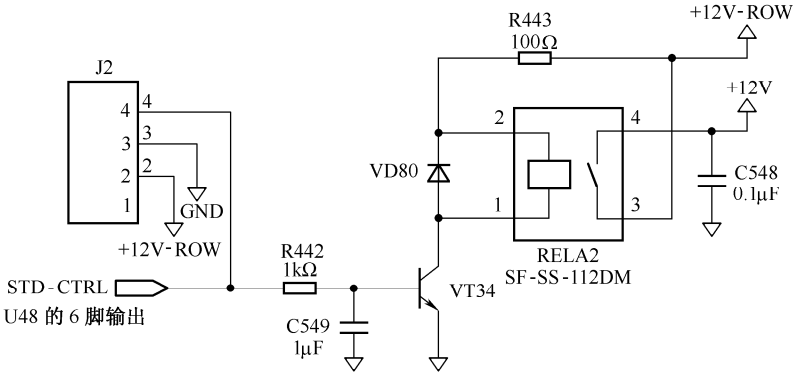


图 5-25 待机控制电路

2) 通过实时时钟的设置控制, 关机定时时间到, 时钟显示集成电路 U12 (见整机图集) 的①脚输出 RTC-INT-in 待机指令到 U48 的③脚, 控制 U48 的⑥脚输出一个低电平信号到 VT34 基极, 使 VT34 截止, LCD-TV 处于待机状态。

在待机状态下, 主板只有三端稳压器 U16 处于工作状态, 输出+5V-STD 电压 (如图 5-23 所示), 给 U48 供电。



图 5-26 U48 待机控制电路

以下三种情况可实现开机：

- 1) 当遥控器发出开机信号加到 U48 的②脚，经 U48 内部识别后，使 U48 的⑥脚输出高电平，VT34 导通。
- 2) 检测到有按下控制面板上的“节目+/节目-”键后，产生的 KEY-LEVEL 信号加到 U48 的⑦脚，触发 U48 的⑥脚输出高电平，VT34 导通。
- 3) 实时时钟的设置控制，开机定时时间到，U12 的①脚输出的 RTC-INT-in 开机指令加到 U48 的③脚，触发 U48 的⑥脚输出高电平，VT34 导通。

5. LCD屏显控制电路

1) LCD 屏显信号接口电路：LCD 显屏接口电路如图 5-27 所示。FTL8532 输出 LVDS 信号至液晶显示屏，其中 DERED0~DERED7 为 8bit 红基色信号，DEGRN0~DEGRN7 为

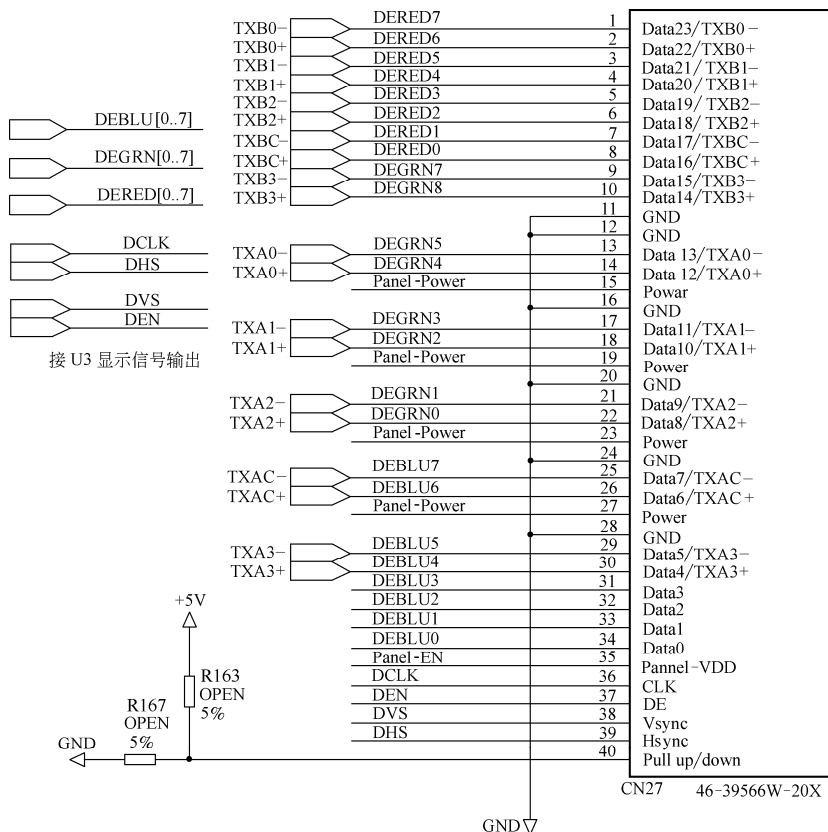
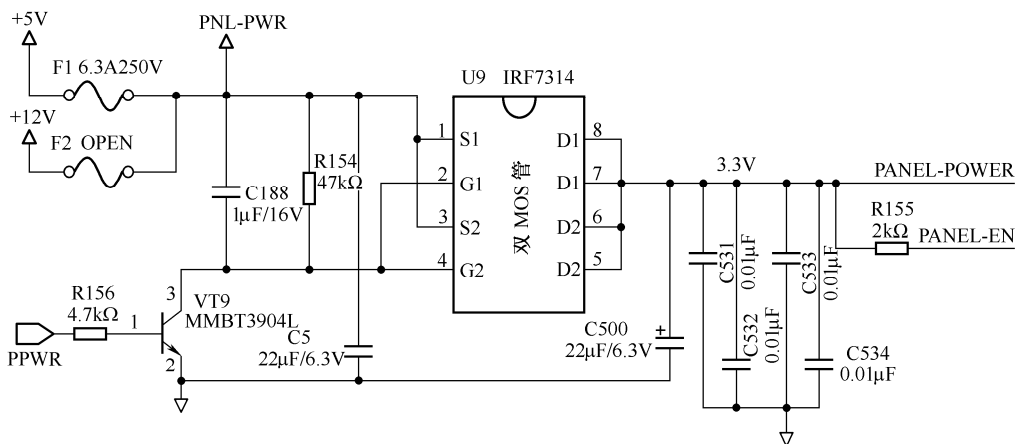
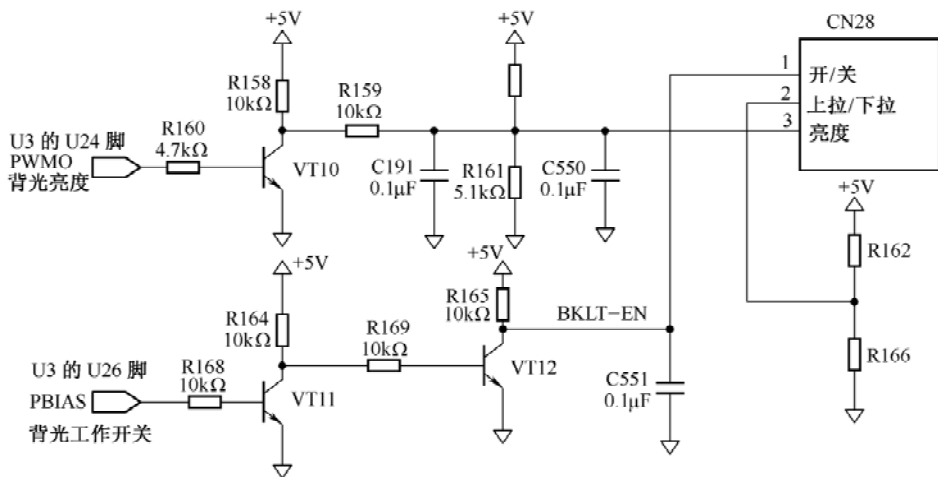


图 5-27 LCD 显屏接口电路

2) LCD 显屏电源时序控制电路: LCD 显屏电源时序控制电路如图 5-28 所示。U3 的 U25 脚输出的 PPWR 控制信号经 R156 加到 VT9 的基极上, 将+5V 电压转换成 3.3V 屏显供电电压, 输出到 CN27 的⑮、⑳、㉔脚, 给 LCD 显示屏供电。



3) LCD 显示屏背光控制电路: LCD 显示屏背光控制电路如图 5-29 所示。U3 的 U26 脚输出的 PBIAS 信号经电阻 R168 加到 VT11 基极, 经 VT11、VT12 两级放大后送往 CN28①脚。U3 的 U24 脚输出的 PWMO 信号由电阻 R160 加到 VT10 基极, 经 VT10 放大后送往 CN28③脚, 连接到 LCD 屏显电路, 控制背光灯的开关与亮度。



186



6. GC32 机芯液晶屏规格

以 40 寸的 TFT 三星液晶屏为例，型号为 LTA400W2-L01，此液晶屏具有下列特点：

- 1) 高对比度，高亮度。
- 2) APVA 模式。
- 3) 宽视角 ± 170 度。
- 4) WXGA（1366 像素 \times 768 像素）、16:9 的格式。
- 5) 20 直径类型的阴极荧光灯。
- 6) LVDS（低压差分信号输入）。

LTA400W2-L01 液晶屏的基本参数如表 5-1 所示，电气极限参数如表 5-2 所示。

表 5-1 LTA400W2-L01 液晶屏基本参数

项 目	规 格	单位
有效显示区	885.168 (H) \times 497.664 (V)	mm
驱动元件	a-Si TFT 有源矩阵	
显示色彩	16.7M (8bit/color) 真彩色	色
像素节距 (子像素)	0.648 (H) \times 0.216 (W)	mm
显示模式	透射/常暗模式	
表面处理	硬覆盖 (3H, Haxe: 44%), 防反射处理	

表 5-2 LTA400W2-L01 液晶屏电气极限参数

项目	符号	参数值		单位	注
		min	max		
电源电压	V_{CC}	-0.5V	24	V	(1)
灯电流	I_L	TBD	TBD	mA_{rms}	(2), (3)
灯频率	F_L	TBD	TBD	kHz	(2)
注：(1) 长期超额定参数运行，有可能导致永久损坏。应在正常额定条件下使用； (2) 不能在高湿或寒冷环境使用； (3) 不能在极限电流下使用，应在正常额定条件下使用					

LTA400W2-L01 液晶屏模块如图 5-30 所示。LTA400W2-L01 液晶屏模块中的 FI-E30S 连接器引脚配置如表 5-3 所示。

表 5-3 FI-E30S 连接器引脚配置

引 脚 号	引 脚 名 称	说 明
1,2,3,20,21,22	N.C	空脚
4,7,10,13,16,19,23,24,25	GND	接地
5	RxIN0-	像素 0 数据输入 (-)
6	RxIN0+	像素 0 数据输入 (+)
8	RxIN1-	像素 1 数据输入 (-)
9	RxIN1+	像素 1 数据输入 (+)
11	RxIN2-	像素 2 数据输入 (-)
12	RxIN2+	像素 2 数据输入 (+)
14	RxCLK-	时钟脉冲 (-)



续表

引脚号	引脚名称	说明
15	RxCLK+	时钟脉冲 (+)
17	RxIN3-	像素 3 数据输入 (-)
18	RxIN3+	像素 3 数据输入 (+)
26,27,28,29,30	VDD (+5V DC)	+5V 电源

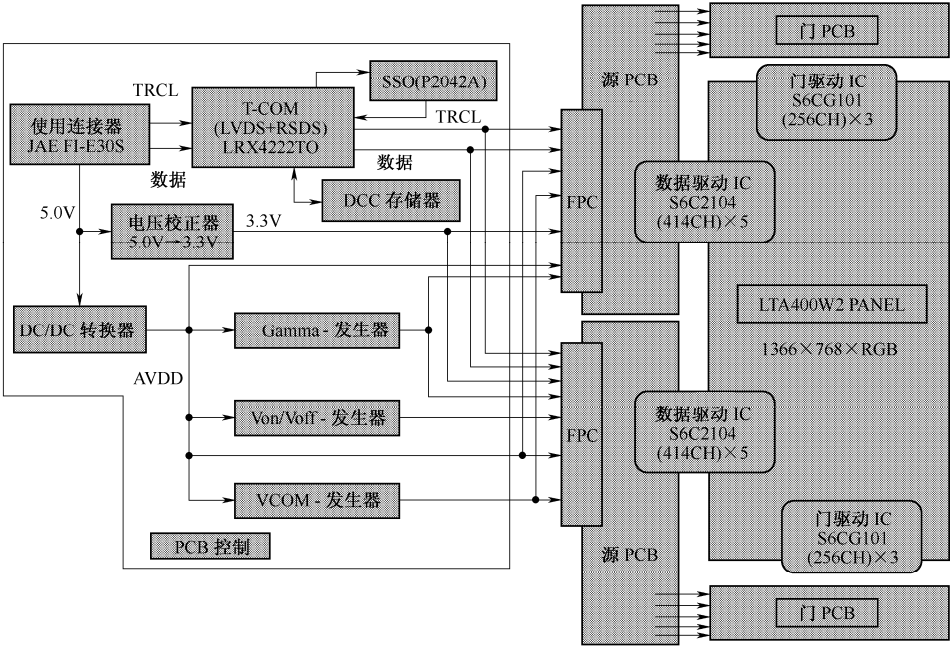


图 5-30 LTA400W2-L01 液晶屏模块

5.2.3 拓展知识

1. LCD27A71-P信号输入电路

信号输入共有 9 路，即 RF、AV1、AV2、AV3、S-Video、YUV（HDTV）、VGA、DVI、HDMI 信号输入，其中 RF 射频信号输入已介绍，现介绍其他输入。

(1) AV信号输入

AV 信号又称为音视频信号，它包括一路视频信号和两路（L、R）音频信号。AV 接口通常都是成对的白色的音频接口和黄色的视频接口，通常采用 RCA（俗称莲花头）进行连接，使用时只需要将带莲花头的标准 AV 线缆与相应接口连接起来即可。AV 接口实现了音频和视频的分离传输，这就避免了因为音/视频混合干扰而导致的图像质量下降。

AV1 信号输入电路如图 5-31 所示，图中 U43 是防静电保护 IC。AV2（CN5）、AV3（CN7）输入与 AV1 相同。视频信号 AV1-V 送往 SAA7117AH 和 FLI8532 进行处理，音频信号 AV1-Scart3-L 和 AV1-Scart3-R 送往 MSP3410P 进行音效处理。AV2 和 AV3 也同样。

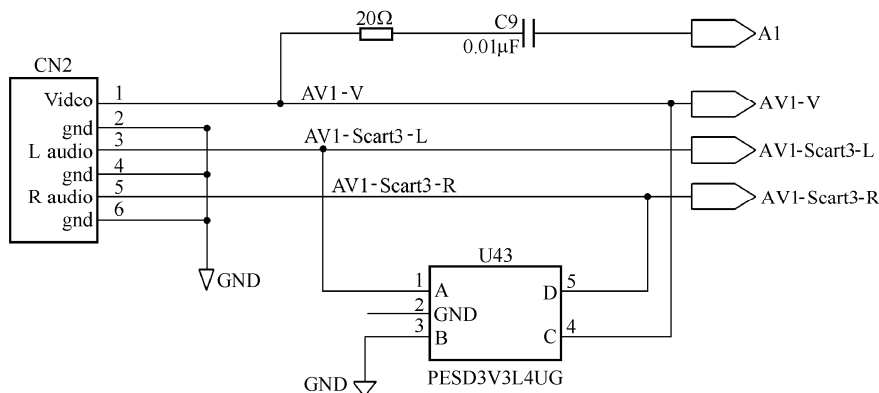


图 5-31 AV1 信号输入电路

(2) S-Video信号输入电路

S-Video 的英文全称为 **Separate Video**，也称二分量视频接口，Separate Video 的意义就是将 Video 信号分开传送，也就是在 AV 接口的基础上将色度信号 C 和亮度信号 Y 进行分离，再分别以不同的通道进行传输。同 AV 接口相比，由于它不再进行 Y/C 混合传输，因此也就无须再进行亮色分离和解码工作，而且使用各自独立的传输通道在很大程度上避免了视频设备内信号串扰而产生的图像失真，极大地提高了图像的清晰度。

S-Video 信号输入电路如图 5-32 所示，图中 CN10 代表插座。S-Video 的音频输入与 AV3 共用。图中 Y、C 作为 SV2、SV3 信号送往 FLI8532 进行视频处理，并作为 Svideo-Y、Svideo-C 信号送往 SAA7117A 进行处理。图中 VD3、VD17、VD21 是保护电路。

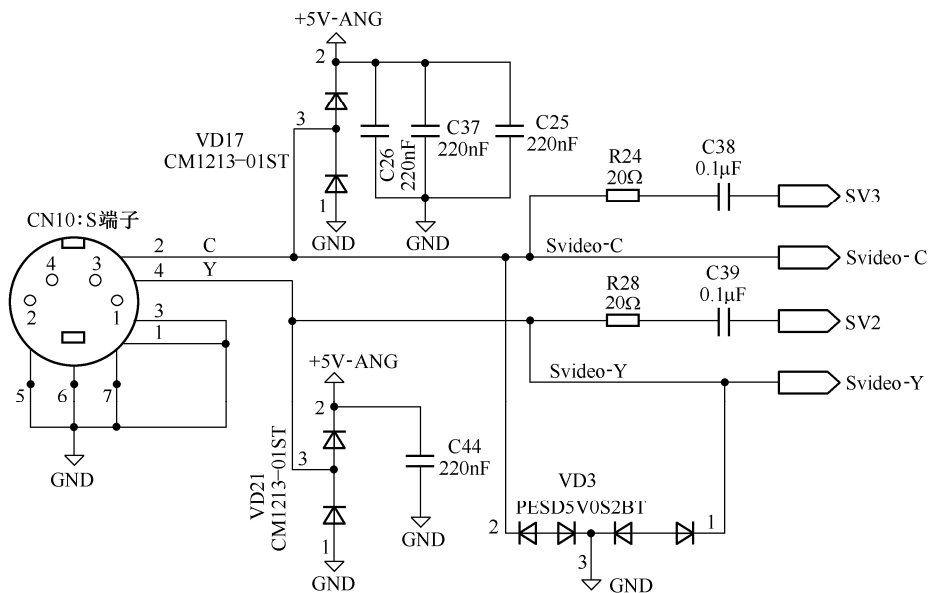


图 5-32 S-Video 信号输入电路

(3) YUV (HDTV) 信号输入电路

YUV 信号由三个信号组成，即亮度信号 Y、蓝色差信号 U 和红色差信号 V。YUV 信号



又称为视频色差信号，YUV 信号也常表示成 YCbCr 信号或 Y/B-Y/B-Y 信号。将 S-Video 传输的色度信号 C 分解为色差 U 和 V，这样就避免了两路色差混合解码并再次分离的过程，也保持了色度通道的最大带宽，只需要经过反矩阵解码电路就可以还原为 RGB 三原色信号而成像，这就最大限度地缩短了视频源到显示器成像之间的视频信号通道，避免了因烦琐的传输过程所带来的图像失真。所以色差输出的接口方式是目下各种视频输出接口中最好的一种，故又称为高清晰度电视（HDTV）信号。

YUV 信号输入电路如图 5-33 所示。YUV 信号作为 B3、C3、SV1 信号送往 FLI8532 进行处理。图中 U34 为防静电保护 IC。

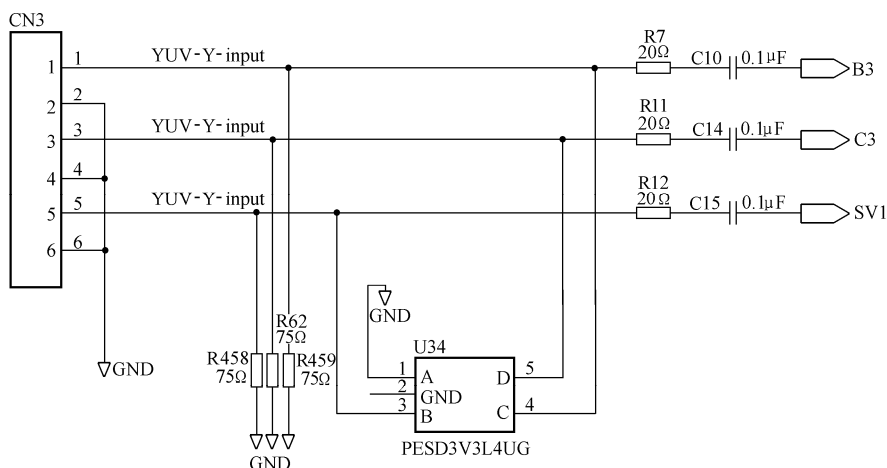


图 5-33 YUV (HDTV) 信号输入电路

(4) VGA 信号输入电路

VGA (Video Graphics Array) 视频图像阵列接口采用非对称分布的 15pin 连接方式，其工作原理：将显存内以数字格式存储的图像（帧）信号，在 RAMDAC 里经过模拟调制成模拟高频信号后再输出，这样 VGA 信号在输入端，就不必像其他视频信号那样还要经过矩阵解码电路的换算。从前面的视频成像原理可知 VGA 的视频传输过程是最短的，所以 VGA 接口拥有许多的优点，如无串扰、无电路合成分离损耗等。

VGA (CN15) 三基色 RGB 信号输入电路如图 5-34 所示。由 CN15 的①、②、③脚输入的 R、G、B 信号分别经 R55、R53、R45 限流、由 C65、C64、C46 分别耦合到 FLI8532 进行处理。由 CN15 的③、④脚输入行、场同步信号分别经 R69、R72 也送往 FLI8532。由 CN18 的②、③脚分别输入的 VGA-Audio-L、VGA-Audio-R 信号送往 U37 集成电路进行选择转换处理。

(5) DVI 信号输入电路

DVI 接口主要用于与具有数字显示输出功能的计算机显卡相连接，显示计算机的 RGB 信号。DVI (Digital Visual Interface, 数字视觉接口)，是由 1998 年 9 月，在 Intel 开发者论坛上成立的数字显示工作小组 (Digital Display Working Group-DDWG) 所制定的数字显示接口标准。它是以 Silicon Image 公司的 PanalLink 接口技术为基础，基于 TMDS (Transition Minimized Differential Signaling, 最小化传输差分信号) 电子协议作为基本电气连接。

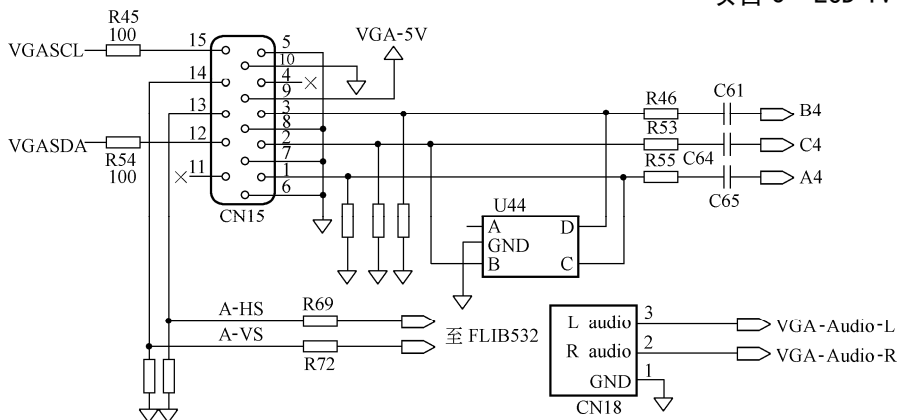


图 5-34 VGA 信号输入电路

DVI 数字端子比标准 VGA 端子信号要好, 数字接口保证了全部内容采用数字格式传输, 可以得到更清晰的图像。

DVI 视频信号由插头 P1 输入, 电路如图 5-35 所示, DVI 伴音信号输入为 CN9。4 组信号从 R0XC+/R0XC-、R0X0+/R0X0-、R0X1+/R0X1-、R0X2+/R0X2-引脚输入, 并送往数字信号接收处理 SIL9021, 其中 R0XC+/R0XC-是一对极性相反的时钟信号; 其余三对为极性相反的数据信号。图中 U29 (AT24C02) 为 EEPROM 芯片。

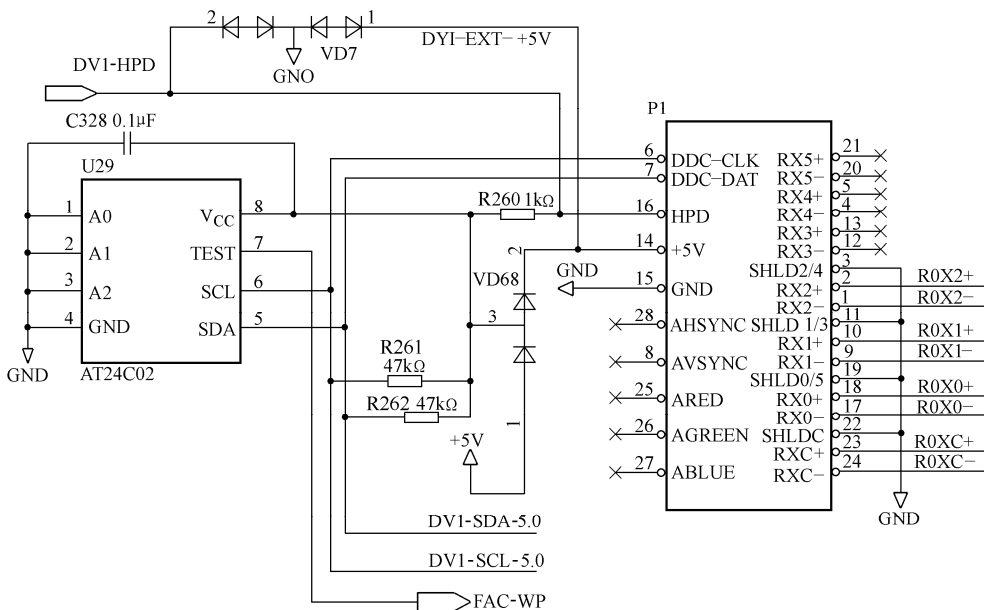


图 5-35 DVI 信号输入电路

(6) HDMI信号输入

HDMI(High Definition Multimedia Interface, 高清晰多媒体接口), 用于传输未压缩 HDTV 信号的数字多媒体界面, 目前我们使用的是一种 19 针 Type A 接口。该信号的输入电路和 DVI 相似, 都是输入的 TMDS 信号: 一对极性相反的时钟信号线, 三对极性相反的数据信号线。

由 CN29 插头输入 HDMI 信号如图 5-36 所示。R1XC-/R1XC+时钟对信号及 R1X0-/R1X0+、



R1X1-/R1X1+、R1X2-/R1X2+数据对信号均送往 SIL9021 进行处理。

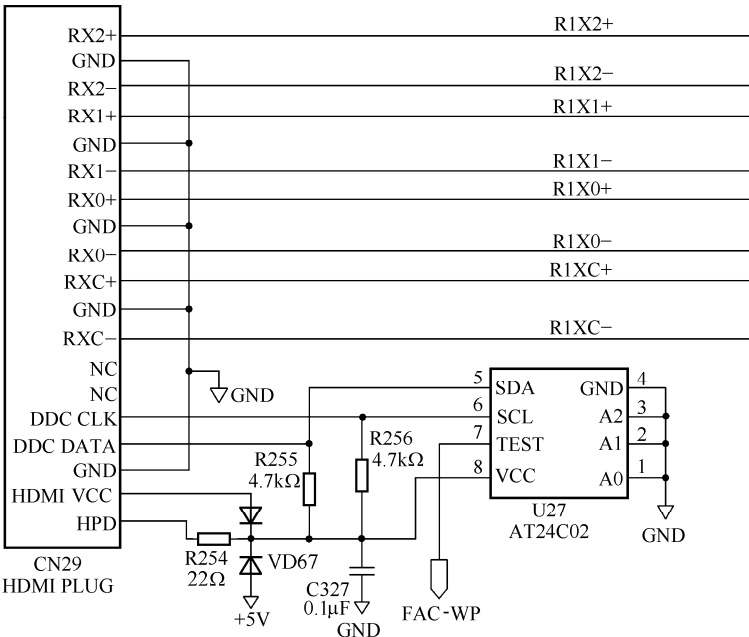


图 5-36 HDMI 信号输入电路

2. LCD27A71-P图像信号处理电路

(1) 数字信号接收处理集成电路 SIL9021

不管是 DVI 信号还是 HDMI 信号，都需要经过数字接收器的接收处理，然后再送往 U3（FLI8532）的数字通道 B 输入端口进行图像处理。其中 HDMI 信号经数字接收器处理后同时解码出数字音频信号，送音效处理电路进行音效处理。实现此功能的 IC 是 SIL9021（U26），其内部框图如图 5-37 所示。

SIL9021 芯片为 144 脚的 TQFP 封装，具有下列功能特点：

- 1) 集成 PanelLink 技术支持；
- 2) 数字视频接口支持视频处理器；
- 3) 模拟 RGB 和 YPbPr 输出；
- 4) 数字音频接口支持高端音频系统。

SIL9021 芯片功能说明如下：

- 1) TMDS 信号接收器（PanelLink TMDS Digital Cores）；
- 2) 连接端口的检测和选择；
- 3) HDCP 解密引擎和信号解密；
- 4) HDCP 密码存放 EEPROM；
- 5) 模式控制器；
- 6) 视频数据信号转换和视频输出。

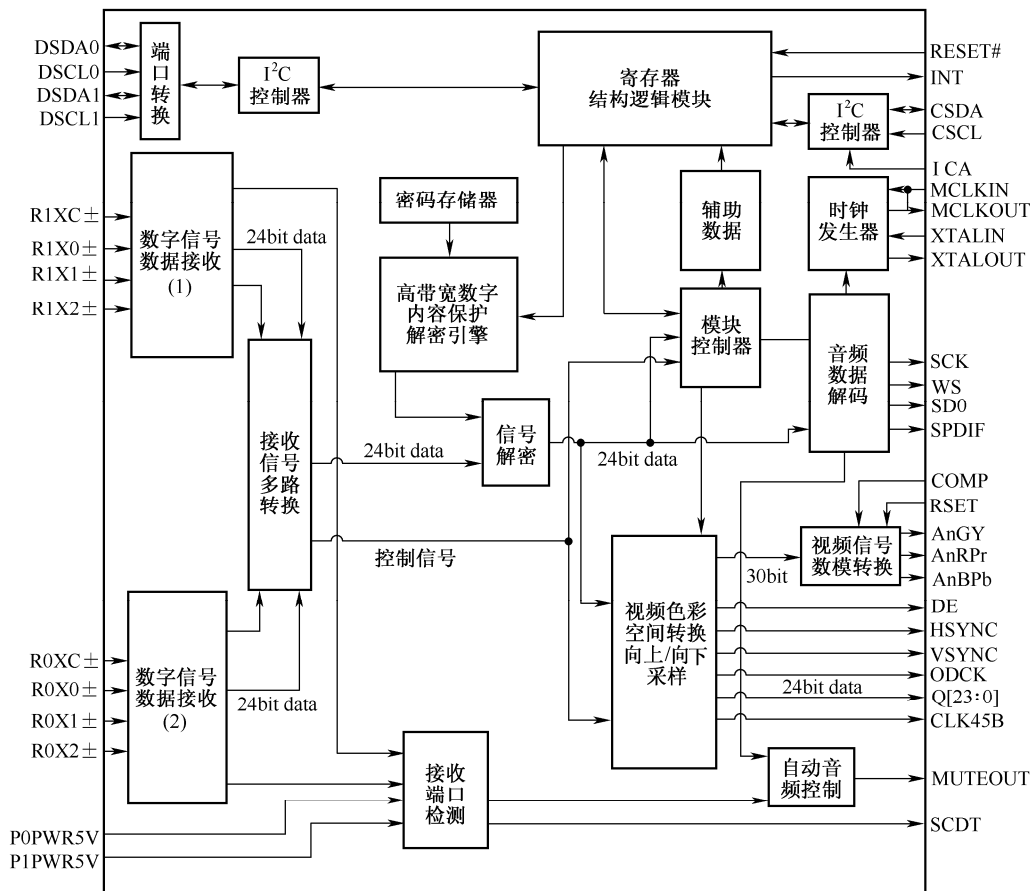
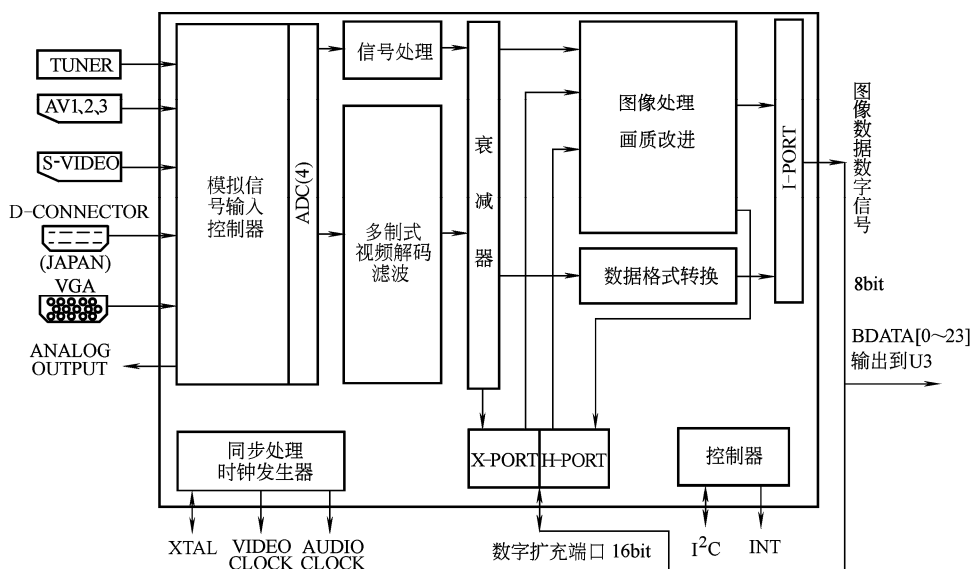


图 5-37 数字信号接收处理 SIL9021 内部框图

(2) 信号解码处理电路SAA7117AH

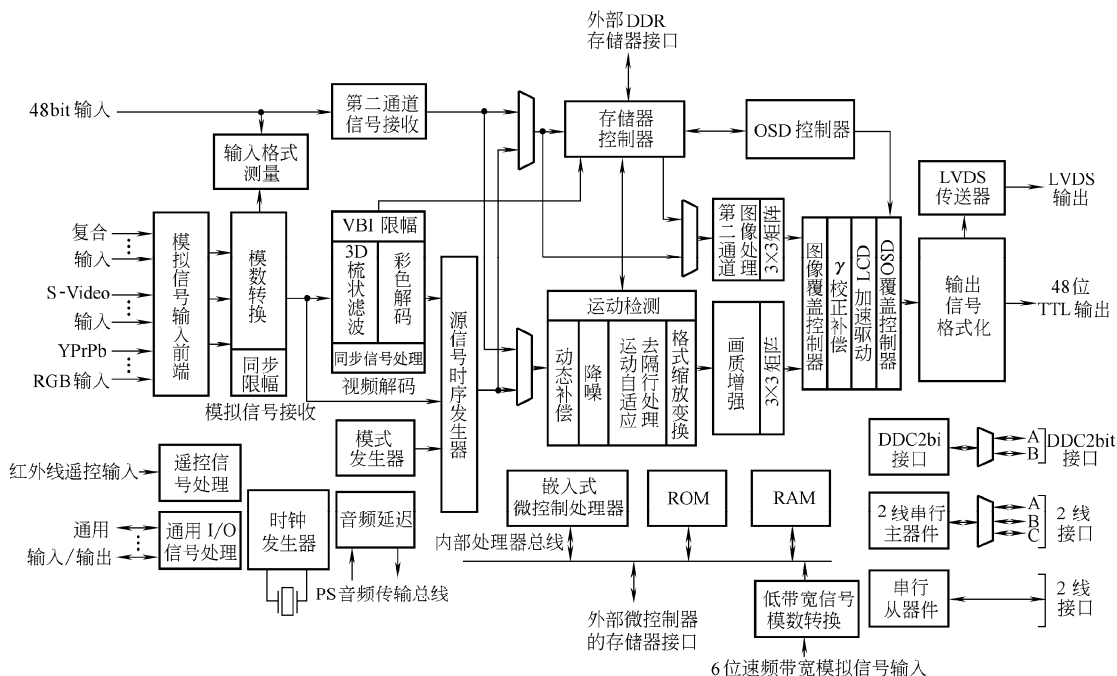
信号解码处理电路如图 5-38 所示,它主要由 SAA7117AH 集成电路组成。SAA7117AH 是一个多制式视频解码器,提供 10bit 的 A/D 转换器,增强 PAL/NTSC 制式的梳状滤波,更强的 VBI 数据处理功能,支持高分辨视频,画质增强处理。SAA7117AH 输入的是 TV 视频信号、或 AV1/AV2/AV3 视频信号、或 S-Video 信号、或 VGA 信号、或 YUV 信号; SAA7117AH 输出的是 24bit 的 YCbCr 数字信号,此数字信号被送往 U3 集成电路。SAA7117AH 能实现以下功能:

- 1) 多制式视频解码: PAL/SECAM/NTSC。
- 2) 自动检测彩色制式。
- 3) 通用亮度、对比度、饱和度调节。
- 4) 亮度锐度控制。
- 5) 瞬间彩色改进。
- 6) 画面锁定音频时钟发生器。
- 7) 软件控制省电待机模式。
- 8) 通过 I²C 总线读取自动识别的彩色制式的模式。
- 9) I²C 总线读取 AGC 增益系数。
- 10) 无信号输入时蓝屏输出。



(3) 运动图像及画中画处理电路FLI8532

运动图像及画中画处理电路如图 5-39 所示,它主要由数字处理芯片 FLI8532 组成。FLI8532 是专门为 LCD-TV 和数字 CRT-TV 设计方案的超级芯片,它具有带 DCDi 的 3D 数字图像解码器、图像质量增强、降噪等效果。





该 IC 为 416 个球脚阵列 (PBGA) 封装, 并具有下列特点:

- 1) 3D (three dimensional, 三维) 梳状滤波器。
- 2) 数字信号和模拟信号的灵活接收。
- 3) 不规则信号的 DCDi 功能。
- 4) VBI (vertical blanking interval, 垂直回扫期) 信号处理。
- 5) 16 位或 32 位 DDR 存储器接口变换。
- 6) LCD 加速驱动。
- 7) 各种信号的亮彩引擎功能, 画质增强。
- 8) 画中画功能。
- 9) 彩色增强处理。
- 10) 嵌入式微控制处理器。
- 11) 位图增强型 OSD 控制。
- 12) 输出信号格式化。
- 13) 内部集成红外线解码。
- 14) 6 通道输入的低速带宽模拟信号的模/数转换。
- 15) 4 个集成的 LCD 背光控制的 PWM 信号输出。
- 16) 高精度音频和视频同步信号 I²S 音频延迟。

FLI8532 有 48bit 数字通道输入端口, 分为 A、B 两个各 24bit 数字通道输入端口, 来自 SAA7117AH 和 SIL9021 的图像数字信号就从该端口输入。FTL8532 的模拟信号输入前端可接收来自 AV1/AV2/AV3/S-Video/YUV/VGA 插座的信号。FTL8532 输出低电压差动信号至液晶显示屏。

3. LCD27A71-P 伴音信号处理电路

(1) 音频选择开关电路 LV4052A

音频选择开关电路如图 5-40 所示, LV4052A 是音频选择开关, LV4052A 有 VGA-AUDIO、DVI-AUDIO、YUV-AUDIO 三种模拟音频信号输入, 由 MCU 发出的选择信号 AUDIO-SWA、AUDIO-SWB 进行音频信号选择。选择后由 LV4052A 有⑬、⑬脚输出, 再送往 MSP3410G (U38) 进行音效处理。对于 AV1/AV2/AV3 音频信号, 则直接送往 MSP3410G (U38) 进行音效处理。

(2) 丽音解码及音效处理电路 MSP3410G

丽音解码又称 NICAM728 解码, NICAM 是 Near Instantaneous Companded Audio Multiplex 的缩写, 意为准瞬时压扩音频多路复用, 中国香港称为丽音系统。NICAM 是目前最先进的电视伴音广播制式, 为了实现与原电视伴音广播的兼容, 它保留了原模拟调频载波 (I 制为 6.0MHz, B/G 制为 5.85MHz), 但在原载波上端频道空闲处增加了 NICAM 数字伴音载波, 新增的伴音载波可以传播两路伴音信号, 这两路伴音信号可以是立体声 L、R 信号, 也可以是单声道的双语言 (双伴音) 信号。

丽音解码电路如图 5-41 所示, 它主要由 MSP3410G 芯片组成。丽音解码仅对来自双高频头的声中频信号 IF-AUDIO (或 IF-AUDIO2) 进行, 先对 IF-AUDIO1 (或 IF-AUDIO2) 信号进行模/数变换, 然后进行丽音解码, 最后进行数字式音效处理。

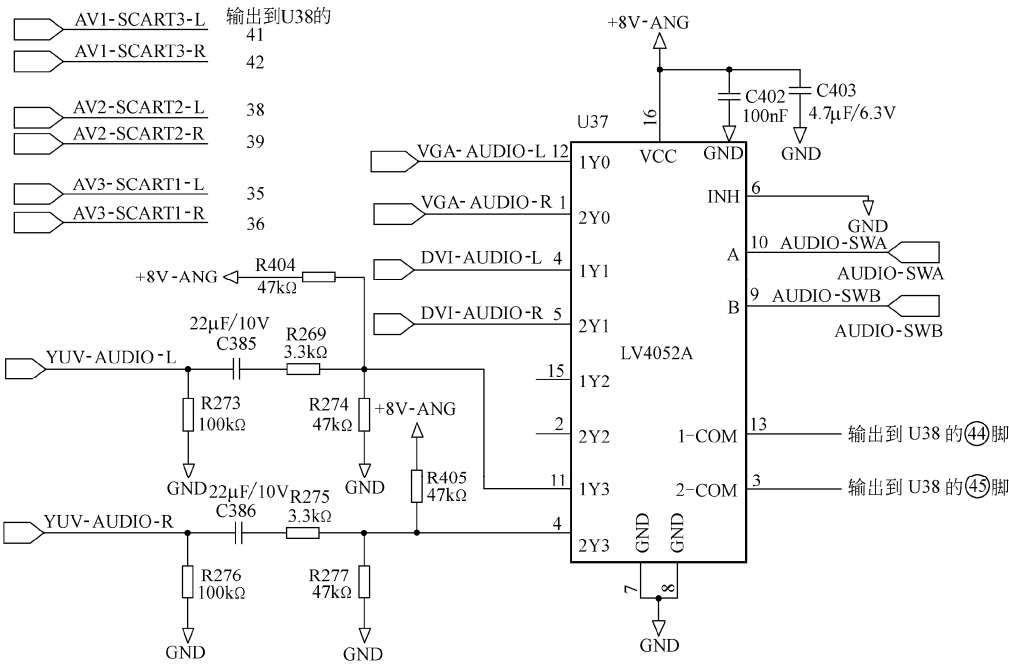


图 5-40 音频选择开关电路

MSP3410G 还接收来自 SIL9021 的 HDMI 音频 I²S 总线信号，并接收来自音频转换器 AV1-AUDIO、AV2-AUDIO 及 AV3-AUDIO 信号。由于这些信号不含 NICAM-728 数码，因而也无须进行丽音解码。这些信号先经过输入选择，然后经模/数变换器变换成数字信号，再进行数字式音效处理。

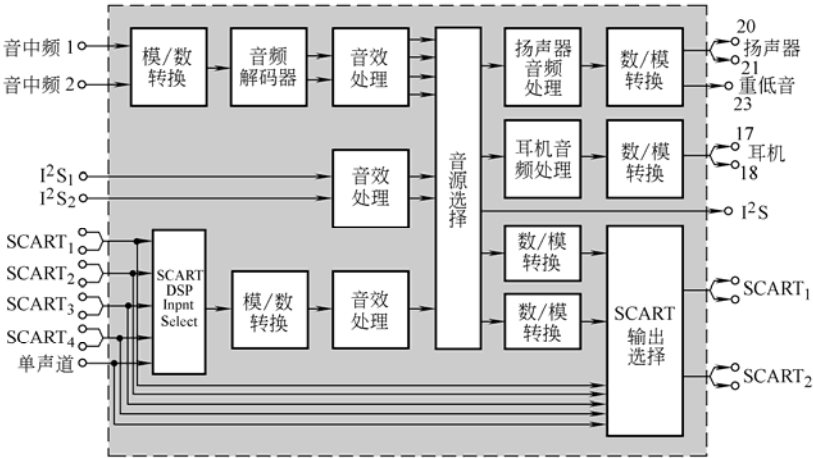


图 5-41 丽音解码电路 MSP3410G 内部框图

MSP3410G 另一个功能是数字式音效处理，音效处理包括音量、高音、低音、平衡、伪立体声、带宽扩展等。音效处理通过 I²S 总线进行控制。

经音效处理后的数字音频信号，最后由数/模变换器变换成模拟信号，从 MSP3410G 的⑰脚、⑱脚输出到耳机，从 MSP3410G 的⑳脚、㉑脚输出到功放电路。



(3) 伴音功放电路TPA3004D2

伴音功放电路主要由 TPA3004D2 芯片组成。TPA3004D2 是一个 12W 立体声音频功率放大器, 可以驱动每个声道 12W、电阻低到 4Ω 的扬声器, IC 的高工作效率使得在输出伴音时无须外部的散热器件。

直流电压控制立体声扬声器的音量范围在 $-40\sim 36\text{dB}$ 的幅度, 输出到耳机也可以由直流电压控制在 $-56\sim 20\text{dB}$ 的增益范围。

TPA3004D2 具有下列特点:

- 1) 每通道 12W 输入 8Ω 的负载。
- 2) 32 步长控制的直流电压从 -40dB 到 36dB 。
- 3) 输出供外部耳机功率放大的音量控制。
- 4) 5V 的输出调节。
- 5) 体积小, 有过热和短路保护。

(4) 静音控制电路

静音控制电路如图 5-42 所示。在正常情况下, VT19 截止, MUTE 控制为低电平, VT20 截止, 伴音功放集成电路 U40 (TPA3004D2) ①脚为高电平, U40 正常工作。

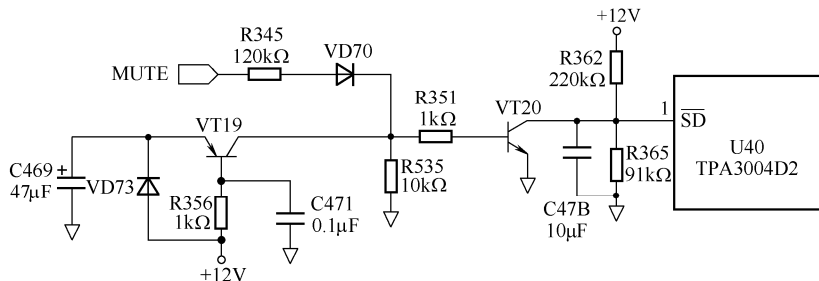


图 5-42 静音控制电路

1) MCU 控制静音: FLI8532 发送的 MUTE 控制若为高电平, 则 Q20 饱和导通, 伴音功放集成电路 U40 ①脚为低电平, U40 不工作, 整机静音。

2) 开机静音: 每次开机瞬间, +12V 经 VD73 给 C469 充电, 充电速度快; 同时 +12V 经 R356 给 C471 充电, 充电速度慢。由于 C469 充电速度快于 C471 充电速度, 导致 VT19 射极电位高于基极电位, VT19 导通, VT20 也导通, 伴音功放集成电路 U40 ①脚为低电平, U40 不工作, 消除开机噪声。

3) 关机静音: 每次关机瞬间, +12V 电压消失, C469 放电使 VT19 导通, 于是 VT20 导通, 伴音功放集成电路 U40 ①脚为低电平, U40 不工作, 消除关机噪声。

4. LCD27A71-P 电源板电路

电源板电路主要由功率因数校正 (Power Factor Correction, PFC) 电路、12V 电压输出电路 (供数字板) 和 24V 电压输出电路 (供 LCD 屏) 三部分组成。

(1) 功率因数校正电路

功率因数定义为: 实际负载所消耗的功率与在负载端所测量到的视在功率之比值。功率



因数越高（趋近于1），代表电力利用率越高，电力在传输过程中即可减少无谓的损失。

开关电源采用桥式整流电容滤波作为 AC/DC 变换器，由于滤波电容量大，因此使得整流二极管的导通时间很短，二极管仅在交流电峰值电压附近才导通，电流呈脉冲型，电流波形的谐波含量非常丰富，线路功率因数很低，一般只有 0.6 左右。为了减少 AC/DC 变换谐波电流造成的噪声及对电网产生的谐波污染，同时提高功率因数，以达到有效地利用电能，必须将 AC/DC 变换的谐波电流限制在某范围内。

自 2001 年 1 月 1 日起，欧盟正式对电子设备谐波详细规范，我国自 2002 年 5 月起，也将功率因数视为电子配备的标准功能。

功率因数校正电路如图 5-43 所示，它主要由 NCP1650 芯片及 L2、VT1、VD1 组成。这是一个高频有源 PFC 电路，NCP1650 根据⑤脚输入的交流采样电压和⑥脚输入的反馈电压，产生 PWM 驱动信号，控制开关管 VT1 导通与截止。当开关管 VT1 导通时，二极管 VD1 截止，开关管 VT1 截止时，二极管 VD1 导通。二极管导通时，电流向 C16、C17 充电，在交流电压半个周期内，电感 L2 的高频振荡电流频率是不断变化的，但峰值电流的包络曲线时刻跟踪交流电压的变化，L2 的平均电流在开关周期很少时接近于正弦波，功率因数一般能提高到 0.99。

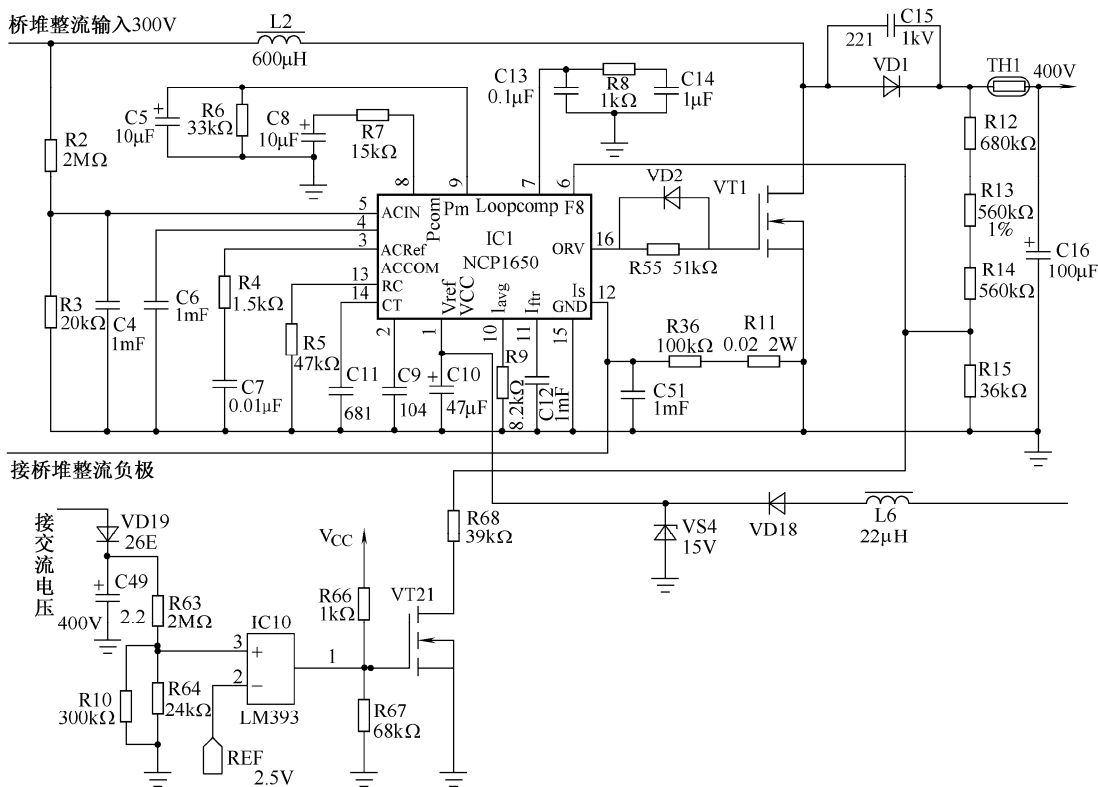


图 5-43 功率因数校正电路

PFC 电路分为两段工作，90~132V（交流）为低压输入段，PFC 输出电压为 260V（直流）；180~264V（交流）为高压输入段，PFC 输出电压为 390V（直流）。切换段为 140~165V



(交流)。切换由比较器 IC10 完成。当交流输入为低压输入段, IC10③脚电位低于②脚电位, VT21 截止, R68 不影响 NCP1650⑥脚的反馈。当交流输入为高压输入段, IC10③脚电位高于②脚电位, VT21 导通, R68 使 NCP1650⑥脚的反馈电压变低, 使 PFC 的输出电压升至 390V (直流)。

NCP1650 芯片是一个宽电压输入范围的功率因数校正器, NCP1650 具有下列特点: 固定频率工作方式, 平均电流模式 (PWM), 连续与间断工作模式, 快速在线/负载瞬间补偿, 真正的功率限制电路, 高精度乘法器, 欠压锁定; 超出输出范围保护, 齿波补偿不影响振荡器的精度, 工作频率为 25~250Hz。

(2) 12V 开关电源电路

12V 开关电源电路如图 5-44 所示, 它主要由 NCP1377 (IC6) 集成电路、开关管 VT5 及开关变压器 T2 等组成。

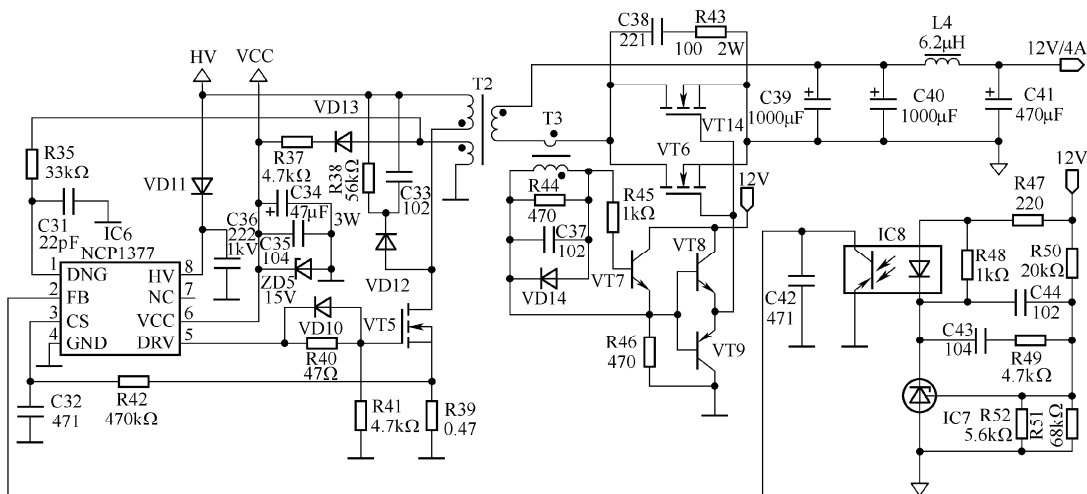


图 5-44 12V 开关电源电路

开机后, 直流高压 HV 经 T2 初级加到开关管 VT5 的漏极, 并经 VD11 加到 NCP1377⑧脚, 使 NCP1377 启动工作。NCP1377 的第⑤脚输出驱动脉冲, 控制开关管 VT5 的导通与截止。T2 次级采用 VT6 和 VT14 来担任整流任务。当开关管 VT5 导通时, T3 绕组电势为左正右负, VT7 截止, VT8 截止, VT9 导通, VT6 和 VT14 截止; 当开关管 VT5 截止时, T3 绕组电势为左负右正, VT7 导通, VT8 导通, VT9 截止, VT6 和 VT14 导通, C39 和 C40 被充电, 产生+12V 直流电压。IC7 为稳压芯片, R50、R51 和 R52 为+12V 电压误差的采样电阻, IC8 以光耦合的形式实现 IC7 对 NCP1377②脚的稳压控制。

NCP1377 芯片是一个真正的电流模式调制的退耦检测器, 它使负载在空载情况下具有最小的控制漏极开/关切换驱动能力。由于其固有的跳变周期特性, 当电源需要回到低电平时控制器进入脉冲模式。由于开关是在低峰值电流的情况下完成的, 所以听不到任何噪声。

变压器重启动检测是通过辅助绕组连接到 IC 的检测引脚来完成的。同时, 该引脚也具有快速过压保护功能, 一旦检测到过压情况, IC 就锁定驱动信号的输出。过压采样时间为 4.5μs。



另一个非常有效的保护电路是过流保护电路，当发生过流时，切断输出脉冲信号进入安全的脉冲模式，以防 IC 的重新启动。一旦电流恢复正常，IC 能自动恢复工作。

NCP1377 芯片的特点是：自激过界模式的准谐振运行，过压保护锁定，自动恢复短路保护，过热保护锁定外围电路，可调整的跳变周期的电流模式，内部 1.0ms 软启动，内部温度关断，内部引导脉冲消隐，500ms 峰流源特性，12.5V (On) 和 7.5V (Min) 欠压锁定电平。

(3) 24V 开关电源电路

24V 开关电源电路如图 5-45 所示，它主要由 NCP1217 (IC2) 集成电路、开关管 VT2 和 VT17 及开关变压器 T1 等组成。

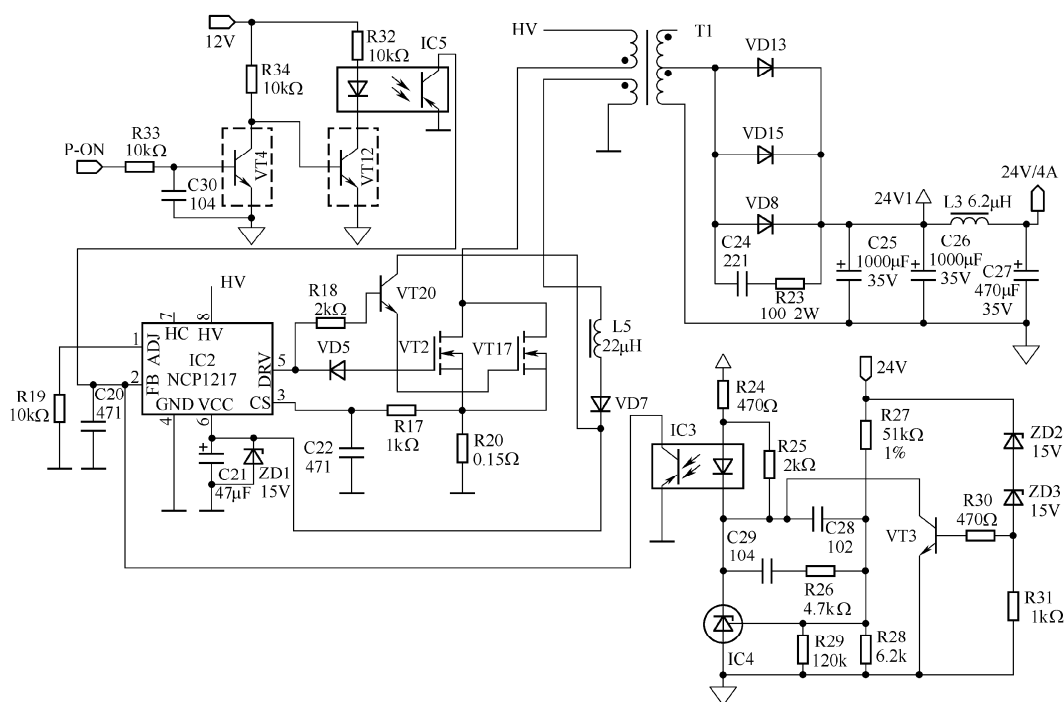


图 5-45 24V 开关电源电路

开机后，直流高压经 T1 初级加到 VT2 和 VT17 的漏极，并经 VD3 加到 NCP1217 的⑧脚，使 NCP1217 启动工作。NCP1217 的⑤脚输出驱动脉冲，控制开关管 VT2 和 VT17 的导通与截止。当开关管 VT2 和 VT17 导通时，整流管 VD8、VD13 和 VD15 截止；当 VT2 和 VT17 截止时，VD8、VD13 和 VD15 导通，C25 和 C26 被充电，产生+24V 直流电压。IC4 是稳压芯片，R27、R28 和 R29 是采样电阻，IC3 以光耦合的形式实现 IC4 对 NCP1377 的②脚的稳压控制。

ZD2、ZD3 和 VT3 等组成过压保护控制。若+24V 输出端异常而超过+30V，则 ZD2、ZD3 和 VT3 将导通，IC3 电流突增，NCP1217 的②脚电压突跌，NCP1217 停止工作。

VT4、VT12 和 IC5 组成 P-ON 控制电路。当 P-ON 控制为低电平时，VT4 截止，VT12 和 IC5 均导通，NCP1217 的②脚电压被拉低，NCP1217 停止工作；当 P-ON 控制为高电平时，VT4 导通，VT12 和 IC5 均截止，NCP1217 的②脚电压不受 IC5 影响，NCP1217 正常工作。



NCP1217 芯片的特点是：具有可调整跳变周期能力的电流模式，内置斜坡补偿，过流保护自动恢复，内部 1.0ms 软启动，工作频率固定在 65kHz。

任务 5-3 LCD-TV 维修技术

液晶电视机电路比较复杂，如数字板电路中有许多芯片，要将数字板中有故障的元器件检测出来较困难。所以，通常是能检测出元器件的故障则尽最大努力去检测，不能检测出元器件的故障就更换电路板。液晶电视机维修是一种芯片级与板级相结合的维修。

1. 学习目标

最终目标：能对液晶电视机进行板级检修。

- 促成目标：
- 1) 了解各印制板功能；
 - 2) 熟悉各印制板测试技巧；
 - 3) 能检测板级故障。

2. 活动设计

活动设计：在 LCD27A71 液晶电视机某印制板中设置一个故障，要求通过观察故障现象及测试，判别出是否要更换相应印制电路板。

工具准备：LCD27A71 液晶电视机、万用表、示波器、电铬铁、常用检修工具。

时间安排：45 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中排除故障占 60%，检修报告占 40%。

- 扣分标准：
- ①在检修过程中，每犯 1 次检修错误扣 10 分；
 - ②每超时 10 分钟扣 10 分；
 - ③每要求教师提示 1 次扣 10 分；
 - ④检修过程中人为损坏电视机扣 20 分。

3. 相关知识

相关知识部分主要介绍 LCD27A71 液晶电视机电源故障、不开机故障、图像不良故障、伴音不良故障的检修方法与技巧，并介绍液晶电视机的保养与安装常识。

5.3.1 LCD-TV 的保养与安装

1. LCD-TV 的保养

液晶电视机是家电中的新宠，液晶电视机只有受到很好的保养，才能够长期工作。

1) 正确清除 LCD-TV 屏幕表面污垢。液晶屏是液晶电视的核心部分，如果发现液晶屏表面有污垢，应当使用正确的方法将污垢清除。液晶面板的污迹大体分为两种，一种是因为日积月累所粘留的空气中的灰尘，另一种是使用者在不经意中留下的指纹和油污。想要除去液晶屏的污垢，用的介质最好是柔软、非纤维材料，如脱脂棉、镜头纸或柔软的布等，然后蘸少许玻璃清洁剂轻轻地将其擦去（擦拭时力度要轻，否则屏幕会因此而短路损坏），禁止使用酒精一类的化学溶液，不要用硬质毛巾擦洗屏幕表面，以免将屏幕表面擦起毛而影响显示效果，也不能用粗糙的布或是纸类物品，因为这类物质易产生刮痕。在这里要提醒大家的是，不要将清洁剂直接喷到屏幕表面，它很容易流到屏幕里面导致 LCD 屏幕内部出现短路故障，造成不必要的损失。清洁屏幕还要定时定量，频繁擦洗也是不对的，那样同样会对液



晶屏造成一些不良影响。

2) 杜绝一些不良习惯。当不看电视时，要关闭 LCD 屏幕（不要仅限于遥控器的关闭状态）以防止灰尘的堆积；不要用指尖或尖物在 LCD 表面上滑动，以免划伤表面。

3) 保持使用环境的干燥、远离一些化学药品。不要把液晶电视放在潮湿的地方，如果湿气已经进入了液晶电视，就必须将其放到比较温暖的地方，以便让其中的水分挥发掉。现在的液晶屏幕，都在屏幕上涂有特殊的涂层，使屏幕具有更好的显示效果，平常家庭常用的发胶、酒精、夏天频繁使用的灭蚊剂等喷洒到屏幕上，会溶解这层特殊的涂层，对液晶分子乃至整个屏幕造成损伤，导致整个电视寿命的缩短，因此尽量避免与水分和化学药品的接触。

4) 环境温度。液晶电视机长时间存储时的温度在 0~40℃ 之间，不要暴露在阳光下，不要将电视机放置在高湿度和高温环境下，不要放置在低温环境下。

2. 液晶电视机的安装

液晶电视机作为平板电视机应根据中国标准化协会 2006 年 3 月 7 日发布《平板电视机安装服务标准》进行安装，安装注意事项如下：

1) 安装架的结构。应保证平板电视机安装后维护、维修方便，在不破坏安装面、安装架的前提下，易于拆卸。

2) 承载能力不小于实际承载重量的 4 倍。

3) 平板电视面的安装环境。避开易燃气体易发生泄漏处或有强烈气体的环境；避开易产生噪声、振动的位置；避开条件恶劣（如油烟重、风沙大、潮湿、阳光直射或有高温热源等）的地方；避开儿童容易触及的地方。

4) 平板电视机的供电线路，其容量应大于平板电视机最大电流值的 1.5 倍，电源线路应安装空气开关等保护装置。

5) 平板电视机的电源线及信号连接线应不受拉伸和扭曲应力的影响。

6) 平板电视机的电源插座应为带地线且固定和专用插座，插座结构与平板电视机电源插头相匹配。

7) 尽量缩短机顶盒与显示屏连接线的长度。

8) 观看距离：为显示屏对角线距离的 3~5 倍。

9) 安装高度：为显示屏垂直法线与视线夹角小于 15°。

10) 在人流量较大有公共场所，壁挂安装，电视机距人群应不小于 1m；吊挂安装时，若电视机下面有人员活动，其下部距地面应不小于 2.5m。

11) 安装通风散热要求：平板电视机的安装通风散热要求如表 5-4 所示。

表 5-4 平板电视机的安装通风散热要求

标 称 功 率	电视机与安装面的间距（cm）			
	左 右 侧 面	顶 部	底 部	后 部
大于 100W	10	20	20	10
小于 100W	10	10	10	5

12) 安装后平板电视机应稳固，重心稳定，左右水平度相差小于 1°。



5.3.2 LCD-TV 常见故障检修

1. 液晶电视机维修注意事项

- 1) 移动显示器之前拔掉电源接线。
- 2) 不要改变主板的原先设置, 如果被调整则亮度不符合白平衡的规格。
- 3) 注意长时间的使用的辐射在常温比低温要大。
- 4) 注意在长时间显示同一个画面后关机, 原来的图像信息可能还保持在上面。
- 5) 避免手机对 TV 影响, 以免损坏 TV。
- 6) 当把 LCD 电视拆开后, 因为即使在关闭了很长时间, 背景照明组件中的 CFL 换流器仍可能带有大约 1000V 的高压, 这种高压能够导致严重的人身伤害。
- 7) 指针式万用表的 $R \times 10k\Omega$ 电阻挡具有 9~15V 直流电压, 这是一个高阻挡, 可以查出影响显示的各种通、断情况。但是由于万用表输出的是直流电压, 故最好在检测时不要拖长时间, 以免发生电化学反应。可以用以下窍门减少直流破坏作用, 即将一支表笔握于手中, 然后用手指握住液晶显示背电极, 再用另一表笔探测其余段电极, 此时, 外电源内阻会大大增加, 从而减少了直流成分的破坏作用。

2. 电源系统故障检修

现以 LCD27A71-P 型液晶电视机为例, 介绍电源系统故障检修技巧。

1) 电源板故障检修。电源板电路由功率因数校正、+12V 开关电源、+24V 开关电源三部分组成, 其实物图如图 5-46 所示。为便于查找, 图中已标出重要电子元器件的位置。

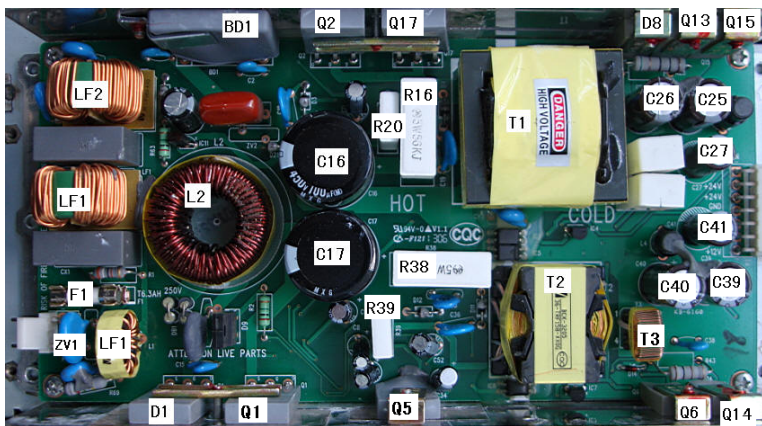


图 5-46 电源板实物图

检查电源板是否正常工作, 主要是测量输出电压是否正常。输出接口共有 7 根线, 如图 5-47 所示。其中橙色引线输出 +12V 电压, 两根红色引线均输出 +24V 电压, 黑色引线接地。黄色引线是 P-ON 控制, 当 P-ON 为低电平时, +24V 开关电源不工作; 当 P-ON 为高电平时, +24V 开关电源正常工作。

2) 电源故障检修流程。电源电路是最易发生故障的电路, 检修者首先要熟悉电视机的电源系统。LCD27A71-P 液晶电视

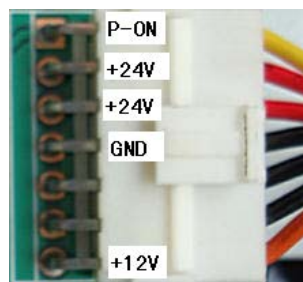


图 5-47 电源板输出引线



机电源系统如图 5-23 所示。正常收看时，+12V 开关电源、+24V 开关电源都工作，继电器开关 RELA2 闭合。在待机状态，+24V 开关电源不工作，继电器开关 RELA2 断开，只有+5V-STD 电压正常。

电源电路故障现象是三无（无光、无图、无声），其故障检修流程如图 5-48 所示。

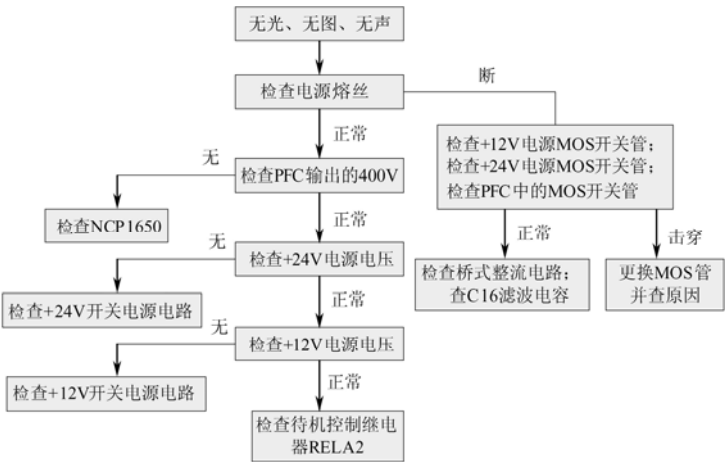


图 5-48 LCD27A71-P 电源故障检修流程

3. 不开机故障检修

以 TCL 彩电 LCD27A71-P 为例，不开机检修流程如图 5-49 所示。图中 FLASH 工作条件是指供电、复位及数据线的畅通。FLI8532 工作条件是指供电、复位、时钟振荡及 3 路 I²C 总线。

1) 检查待机控制电路。首先检查图 5-23 中的继电器 RELA2 是否吸合？若不能吸合，则数字板无+12V 供电电压，则不可能开机。RELA2 不吸合是待机控制引起，可检查图 5-25、图 5-26 中的 U48、VT34、RELA2 是否损坏，若没有损坏，再检查 U48 供电及是否收到控制信号，否则更换 U48。U48 各引脚开机电压如表 5-5 所示。

表 5-5 U48 各引脚开机电压

引脚号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
电 压	5V	5V	1.8V	4.8V	3.2V	4.8V	0V	0V

2) 检查背光灯控制。背光灯不亮，即黑屏，则不可能开机。首先检查图 5-29 中的背光灯驱动接口 CN28 的 EN、H/L、BRI 引脚电压分别为 5V/0V/2V。若不正常，查 FLI8532 电路。其次检查图 5-28 中的 LCD 屏显 3.3V 供电是否正常。

3) 检查 FLI8532 屏显控制。需说明的是，FLI8532 屏显控制不正常，仅影响图像，不影响伴音。屏显控制检查包括对 FLI8532 的 PPWR、PWMO、PBIAS 控制信号的检查，若正常，则检查图 5-28 中的 VT9 及图 5-29 中的 VT10 或 VT11；若不正常，则检查 FLI8532 与 FLASH（XU2）的通信是否正常，FLI8532 分别通过 AD24、AC25、AC26 引脚对 XU2 进行片选、读、写控制，并有大量地址线、数据线连接。若通信正常，则检查 FLI8532 工作条件。

4) 检查闪存 XU2（MX29LV320）。XU2 损坏后功能错乱，一般容易引起不开机。当更



换数字板或配不同的显示屏、高频调谐器时, XU2 要重新写入相应程序, 否则可能出现花屏。

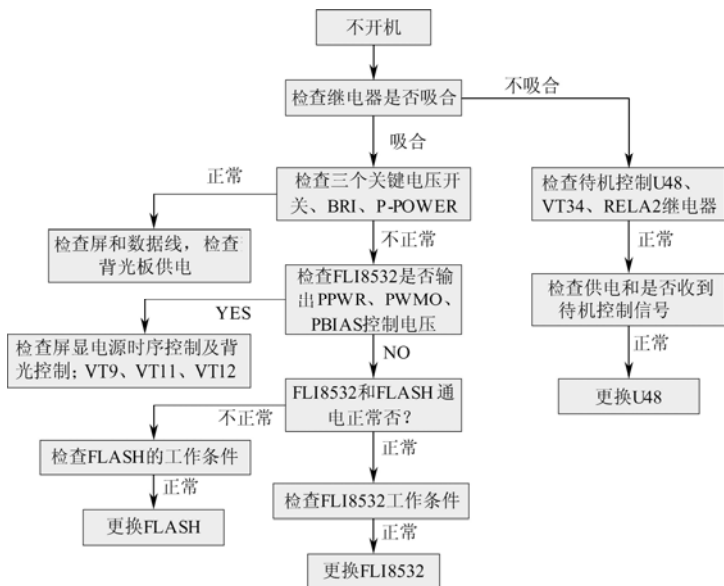


图 5-49 LCD27A71-P 不开机检修流程

4. 图像不良故障检修

以 TCL 彩电 LCD27A71-P 为例, 图像不良检修流程如图 5-50 所示。图中的工作条件是指供电、复位、时钟振荡及总线等。

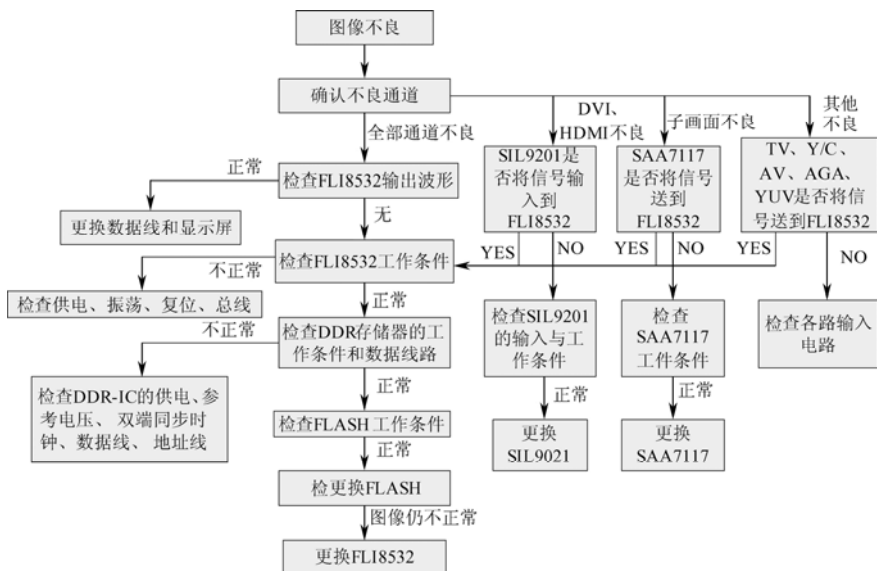


图 5-50 LCD27A71-P 图像不良检修流程

1) 确认图像不良通道。由于有 RF 输入接口、AV1 输入接口、AV2 输入接口、AV3 输入接口、S-VIDEO 输入接口、YUV 信号输入、VGA 信号输入、DVI 输入接口、HDMI 输入接口共 9 种方式, 所以要先确认图像不良通道。若全部通道不良, 则应检查 9 种信号经过的公



共图像通道，即检查 FLI8532 电路；若个别通道不良，则检查相应信号通道，如 DVI、HDMI 信号输入时图像不良，则检查 SIL9021 电路。

2) 检查 FLI8532 输出信号波形。可在如图 5-27 所示的 LVDS 接口进行检查。FTL8532 输出 LVDS 信号至液晶显示屏，有各为 8bit 的红、绿、蓝基色信号，另有时钟信号 (DCLK)、行同步信号 (DHS)、场同步信号 (DVS)、控制信号 (DEN) 及显示屏电源时序控制 (Panel-Power、Panel-EN)。若正常，则检查屏本身及背光灯控制；若不正常，则检查 FLI8532 工作条件，也可能是 FLI8532 内部损坏，造成有信号输入而无信号输出，或图像出现满屏竖条、点状干扰，字符不良 (拉丝)，菜单不良。

3) 检查存储器：如更换数字板后，闪存 XU2 要重新写入相应程序，否则可能出现花屏。当帧存储器 U7、U8 有故障时一般出现花屏，雨状干扰，满屏竖线。

(5) 伴音不良故障检修

以 TCL 彩电 LCD27A71-P 为例，伴音不良检修流程如图 5-51 所示。图中的工作条件是指供电、复位、时钟振荡及总线等。

1) 确认伴音不良通道。与图像不良检查类似，先确认伴音不良通道。若全部通道不良，则应检查 9 种信号输入经过的公共伴音通道，但从扬声器、功放开始检查；若个别通道不良，则检查相应信号通道，如 DVI、HDMI 信号输入时图像不良，则检查 SIL9021 电路。

2) 检查伴音功放。伴音功放由 U40 (TPA3004D2) 组成，③脚是 R 信号输入，⑤脚是 L 信号输入。由①⑦、②⑩脚输出 L 声道信号，经 L6、L7 耦合到 L 扬声器；由④⑩、⑤⑫脚输出 R 声道信号，经 L4、L5 耦合到 R 扬声器。伴音功放检查可采用干扰信号注入法、电压测量法。检修时，U40 的①脚若始终为低电平，则 U40 就不会工作，此时应检查图 5-42 所示的静音电路。

3) 检查 U38 (MSP3410G)。U38 主要功能是丽音解码及音效处理。U38 若损坏，无伴音，或伴音不良。如 U38 的晶振 X6 易损坏，U38 就不会工作，则无伴音。

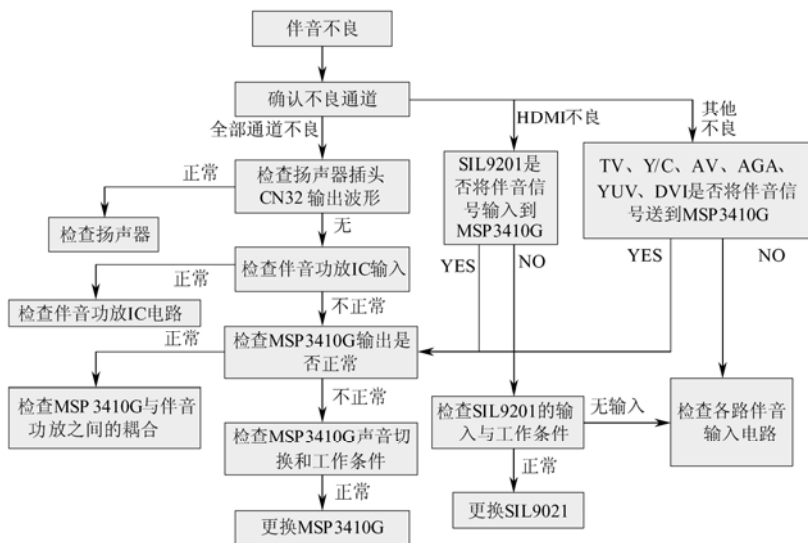


图 5-51 LCD27A71-P 伴音不良检修流程



知识梳理与总结

液晶电视机属于高档电子产品,近年来发展神速,若干年后将取代 CRT 电视机。目前,液晶电视机维修人员社会需求量较大。若能维修液晶电视机,则可解决就业问题。

液晶显示器是液晶电视机最重要的部件,任务 5-1 介绍了液晶常识,重点介绍了液晶显示器的结构与显示原理。

任务 5-2 仅介绍了 LCD27A71-P 液晶电视机的整机电路组成、高频板电路组成、数字板电路组成、电源系统组成、待机控制电路及屏显控制电路,这可以满足板级维修需要。在拓展知识中,介绍了 LCD27A71-P 液晶电视机中的重要芯片电路、开关电源电路及功率因数校正电路,以满足芯片级维修需要。

任务 5-3 介绍了液晶电视机的保养与安装, LCD27A71-P 液晶电视机的电源系统故障检修,不开机故障检修,图像不良故障检修,伴音不良故障检修。

思考与练习 5

1. 晶体、液晶、液体的分子各有何特点?
2. 液晶有哪些类型?用于显示的是何种液晶?
3. 液晶有哪些基本性质?
4. 简述液晶显示基本原理。
5. 液晶显示器件由哪些部件组成?各部件的作用是什么?
6. CCFL 的负载特性如何?
7. 何谓 TFT-LCD 器件?主要优点是什么?
8. LCD-TV 电路与 CRT-TV 电路有何异同点?
9. 画出 LCD27A71-P 液晶电视机的电路组成框图。
10. LCD27A71-P 液晶电视机是如何实现待机控制的?
11. LTA400W2-L01 液晶屏技术规格如何?使用中应注意什么?
12. 何谓 RF、AV、S-Video、YUV 信号? LCD-TV 接收哪一种信号图像质量最好?
13. SIL9021、SAA7117AH、FLI8532、MSP3410G 集成电路的主要功能分别是什么?
14. 怎样判别 LCD27A71-P 液晶电视机的电源板有故障?
15. 怎样判别 LCD27A71-P 液晶电视机的高频板有故障?
16. 怎样判别 LCD27A71-P 液晶电视机的数字板有故障?



项目6

笔记本电脑维修技术

随着计算机技术的普及，笔记本电脑以其轻巧、便于推带等特点，越来越受到人们的青睐。随着笔记本电脑社会拥有量的增大，维修问题日益突出。由于笔记本电脑属于高科技电子产品，维修人员了解其工作原理是维修工作的基础。本项目将介绍笔记本电脑的结构、拆装方法以及常见故障的维修方法。

本项目有3个任务：任务6-1是笔记本电脑拆装，任务6-2是硬件板卡级维修，*任务6-3是硬件芯片级维修。

学习导航

学习 目标	最终目标	能对笔记本电脑进行板卡级维修
	促成目标	1) 了解笔记本电脑基本原理 2) 熟悉笔记本电脑电路组成 3) 能正确拆装笔记本电脑 4) 能更换笔记本电脑的板卡 5) 能检修笔记本电脑板级故障
教师 引导	知识引导	笔记本电脑结构；笔记本电脑电路组成与原理；笔记本电脑故障分析；笔记本电脑拆装技巧；笔记本电脑板卡级故障检测技巧
	技能引导	笔记本电脑板卡级维修离不开拆装技巧、板卡故障的检测及更换，要求学生在教师示范后再进行操作。芯片级维修要求高，供选学
	重点把握	笔记本电脑拆装技巧、板卡更换
	建议学时	12学时



任务 6-1 笔记本电脑拆装

维修笔记本电脑，必须先拆开笔记本电脑。由于笔记本电脑体积小、结构紧凑、并且多数采用塑料外壳，所以不正确的拆卸方法很容易损坏笔记本电脑外壳。拆卸笔记本电脑是维修人员的一项基本功，这项功夫本来很简单，但在实际维修过程中经常会出现各种预料之外的问题，有时会造成重大损失，增加不必要的麻烦，耽误大量时间，因此要特别谨慎。

1. 学习目标

最终目标：能拆装笔记本电脑。

促成目标：1) 了解笔记本电脑的组成；
2) 熟悉笔记本电脑的基本原理；
5) 能拆装笔记本电脑。

2. 活动设计

活动内容：先由教师进行笔记本电脑拆装示范，然后学生按一定规范及顺序拆装笔记本电脑。将如图 6-1 所示的 IBM T30 笔记本电脑拆卸成图 6-2 所示，再将图 6-2 所示的 IBM T30 笔记本电脑散件装配成图 6-1 所示，且能正常工作。



图 6-1 拆卸前的 IBM T30 笔记本电脑



图 6-2 拆卸后的 IBM T30 笔记本电脑



工具准备：IBM T30 笔记本电脑，拆装工具。

时间安排：90 分钟。

评分标准：满分为 100 分，其中拆卸占 60%，装配占 30%，装配后能工作占 10%。

扣分标准：①在拆装过程中，每犯 1 次检修错误扣 5 分；②每超时 1 分钟扣 1 分；③每要求教师提示 1 次扣 5 分；④检修过程中人为损坏笔记本电脑扣 20 分。

3. 相关知识

完成笔记本电脑拆装工作任务的相关知识有：笔记本电脑的组成及各部件功能，笔记本电脑拆装注意事项（拆装工具、拆卸顺序、拆装注意事项），IBM T30 笔记本电脑拆装技巧。

6.1.1 笔记本电脑的组成

笔记本电脑更新换代的速度非常快，各部件的制造技术不断推陈出新，但外部结构基本相同，主要包括液晶显示屏与主机两大部分。笔记本电脑是一个高度集成的电子设备，内部结构比较复杂，主机内部包括了主板、硬盘、内存条、光驱、软驱、网卡、声卡、Modem 卡、各种芯片与接口等。

1. 外壳

笔记本电脑外壳主要起到保护和固定的作用，同时起到美观效果。笔记本电脑外壳有塑料外壳（ABS 工程塑料、聚碳酸酯、碳纤维）和金属外壳（铝镁合金、钛合金）两大类。塑料外壳成本低、重量轻、但机械性能差，容易损坏。金属外壳机械性能好，易散热，不易损坏，但成本高。

笔记本电脑从上到下分为 A、B、C、D 壳（顶面是 A，屏幕面是 B，键盘面是 C，底面是 D），在维修中，更换 A、B 壳时需要更换屏轴，A、B 壳与 C、D 壳之间在拆装时有隐藏螺丝。

2. 液晶屏与显示卡

液晶屏用于显示用户执行的指令是否执行以及执行的结果。液晶屏是笔记本电脑上最贵、最大的部件。液晶屏的分辨率一般是 1024 点×768 行的 XGA 显示模式，液晶屏尺寸通常为 15in 左右，宽高比一般为 4:3，也可做成 16:9 宽屏形式。

显示卡简称显卡，有集成显卡和独立显卡之分，集成显卡是指将显卡集成到主板上；独立显卡是指显卡独立于主板，通过接口与主板相连。

3. 主板

笔记本电脑主板（IBM T30）实物图如图 6-3 所示。

主板是笔记本电脑的核心部分。主板起主要作用的是 CPU、北桥和南桥，它们是主板的三大核心元件。其中 CPU 相当于董事长；北桥相当于总经理；南桥相当于经理。三者密切配合工作。另外，I/O 芯片、键盘芯片等相当于科员；硬盘、光驱、键盘和网卡等相当于员工，它们负责完成具体工作。也可以把 CPU 比喻为人的大脑；各芯片比喻为人的器官；总线比喻为人的神经，由此可见，各芯片及总线的作用和关系十分密切。



图 6-3 笔记本电脑主板

1) 主板电路框图: 主板电路框图如图 6-4 所示。由图可知, CPU 通过北桥和南桥形成 FSB 总线、AGP 总线、PCI 总线和存储器总线, 用来控制着主板各个设备, 同时与各个设备交换数据。很明显, CPU 直接管理北桥、北桥管理内存和显卡, 并与内存和显卡交换数据; 南桥管理硬盘、光驱、声卡和 USB 接口等, 并处理和这些设备数据交换; 键盘芯片负责管理键盘、触摸板等; I/O 芯片负责管理低速设备, 并和它们进行数据交换。

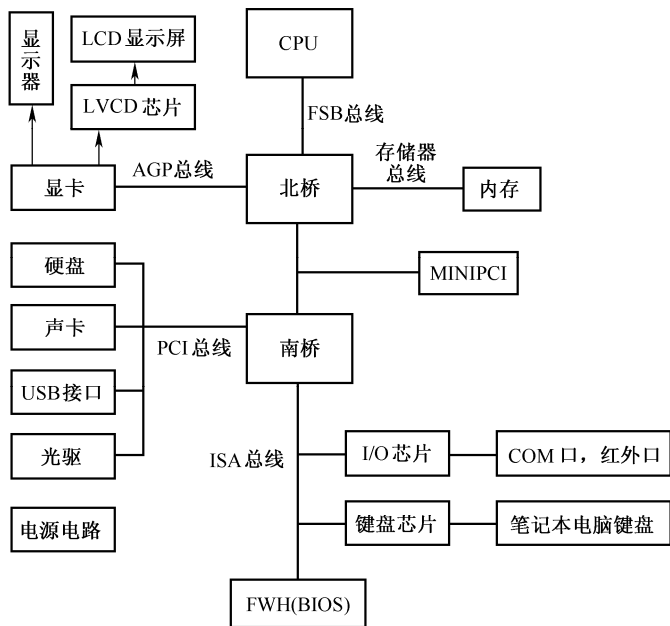


图 6-4 笔记本电脑主板电路结构框图

2) CPU 工作电路框图: CPU 是主板第一核心元件, CPU 工作电路的作用是保证 CPU 正常工作, 控制高速设备及数据交换。CPU 工作电路以 CPU 为核心, 充电器选择电路、核电源电路、热冷却(散热)电路、电池组、时钟信号和复位信号均为 CPU 工作创造工作条件, 接口电路、视频电路、音频电路、存储器、无线上网和北桥与 CPU 进行数据交换, 如图 6-5 所示。

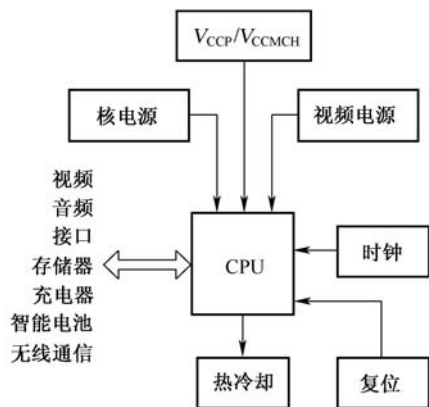


图 6-5 CPU 方框图

3) 主板芯片及芯片组简介：笔记本电脑主板型号是根据北桥的芯片组命名的。我们通常说 845 板，用的北桥就是 Intel 845 的芯片组。4 系列的笔记本电脑主板型号命名如表 6-1 所示；8 系列的笔记本电脑主板型号命名如表 6-2 所示。

表 6-1 4 系列的笔记本电脑主板型号命名

北桥	82443BX
	82443ZX
	82443mX 集成 NS
南桥	82371EB
	82801MB

表 6-2 8 系列的笔记本电脑主板型号命名

北桥	82815M
	82830mP/MZ
	845GM
	855GM
	915GM
南桥	82801CAM
	82801DBM

4) 键盘芯片：笔记本电脑常用的键盘芯片有三菱和日立系列。三菱键盘芯片有 M38867、M38869、M38857 等，日立键盘芯片有 H83437、H821497、H82169、H8S/2161BV 等。

5) I/O 芯片：笔记本电脑常用 I/O 芯片有 PC97338、PC97392、SMSC、PC87951、FDC57N869、LPC47N267、PC87393、PC87570 等。

4. 接口

笔记本电脑的接口很多，常见的有 USB 接口、光驱接口、VGA 接口、打印机接口、PCMCIA 接口、红外线接口、声卡和网卡接口等。接口电路用来完成与外部设备的数据交换，该电路以 I/O 芯片为核心，包括 RS-232 串口、USB 接口、RS-485、智能卡和 PCMCIA 键盘接口电路等。连接关系如图 6-6 所示。

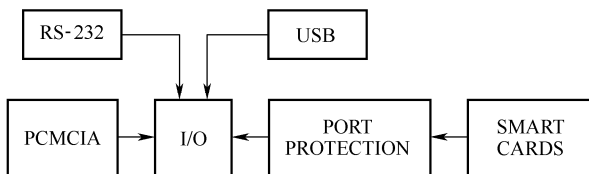


图 6-6 接口电路方框图

5. 硬盘

硬盘是笔记本电脑的重要部件之一，硬盘是利用特定磁料子的极性记录数据。为协调硬盘与主机在数据传输处理速率上的差异，硬盘中设置一个存储缓冲区。

笔记本电脑硬盘的价格很高，早期容量一般为 40~80GB，目前容量一般为 160~250GB。硬盘转速主要有 4200r/min、5400r/min 和 7200r/min 三种。由于笔记本电脑经常需要移动，甚至户外使用，因此要求硬盘有较强的防振动能力。

硬盘接口有电源与数据两个接口，其中电源接口与主机电源相连，为硬盘提供电力；数据接口则是硬盘与主板控制器之间数据传输的纽带。

6. 光驱

光驱的主要作用是安装操作系统及应用软件。除此之外，光驱通常还能读取 DVD、VCD、CD、MP3 等格式的文件。对于轻薄型笔记本电脑，为减小体积，采用光驱外置方式。

7. 电池与电源适配器

笔记本电脑在移动办公时，其动力源是电池。目前笔记本电脑都使用锂离子电池，是锂电池的替代产品。锂离子电池具有容量大、体积小、质量轻、无环境污染、能安全快速充电等优点。另外还有镍镉电池、镍氢电池及燃料电池等。

笔记本电脑在办公室中使用时，一般由电源适配器提供动力源。电源适配器是一个高品质的开关电源，输出直流电压为 12~19V，消耗功率一般可达 35~90W，触摸电源适配器会有烫手的感觉。

8. 几种“鼠标”

笔记本电脑的“鼠标”主要用于操作和控制电脑的设备，主要包括触摸板、指点杆、触摸屏的轨迹球等。

触摸板是一种在平滑的触控板上，利用手指的滑动操作来移动游标的输入装置，是目前最为广泛使用的笔记本电脑鼠标。

指点杆是一个小按钮，位于键盘的 G、B、H 三键之间，在空白键下方还有两个大按钮。小按钮能够感应手指推力的大小与方向，由此来控制鼠标的移动轨迹，而大按钮相当于鼠标的左右键。指点杆适用于抖动环境下的工作。

触摸屏是指用配套的笔直接在液晶屏上操控电脑。触摸屏在笔记本电脑中还比较少见，目前只有 IBM 的一款笔记本电脑采用触摸屏。

轨迹球主要用于老式笔记本电脑。用手滚动轨迹球，光标会跟着移动。



6.1.2 笔记本电脑拆装注意事项

1. 拆装工具

笔记本电脑常用的拆机工具有螺丝刀、镊子、钳子等。

1) 准备各种直径的十字螺丝刀，或者多用螺钉接头的螺丝刀。螺丝刀最好用带有磁性的，避免螺钉掉入笔记本电脑内部和散落到其他地方。

2) 准备两把镊子。一把尖的镊子，一把纯的镊子。尖镊子用于夹取细小的部件或狭小空间内的部件。

3) 部分机型在拆卸时需要用内六角螺丝刀，最好能购买成套的六角螺丝刀，这样使用比较方便。

4) 准备斜口钳、尖嘴钳和钢丝钳等夹取工具。

5) 准备螺丝盒。用于盛放螺钉，防止螺钉丢失；在拆卸的时候，特别要注意各个部位采用哪种螺钉，便于安装时对号入座。

6) 准备多只大小不同的胶盒，用于盛放拆卸后的部件。对于初学者，最好一部分采用一个胶盒，例如外壳用一个胶盒，主板上的部件用一个胶盒，显示部分用一个胶盒，避免安装时出错。

2. 拆卸顺序

笔记本电脑应按以下顺序拆卸。

1) 拆卸笔记本电脑的外部连接：笔记本电脑在拆卸前先关闭电源，如 AC 适配器、电源线、PC 卡及其他电缆等。因为在关机前的情况下，电源还会给一些电路和设备供电，同时静电也会通过网线传入笔记本电脑，直接拆卸可能会损坏一些脆弱元件。

2) 拆卸笔记本电脑的外设：首先要拆卸的是笔记本电脑的电池，电池只有锁扣，没有螺钉。由于笔记本电脑电池在不开机的状态下也会对主板上某些电路供电，使主板处于待机状态，因此在拆卸过程中应该特别注意，避免在拆卸过程中引起供电短路、损坏电池（甚至是电池爆炸），甚至烧损主板。在拆去电源线与电池后，打开电源开机键，等其自行关闭，以释放掉内部直流电路的电量。

3) 拆卸光驱、硬盘、软驱：通常只要拆掉光驱和硬盘上的几颗固定螺钉就可以了，注意不要损坏连线或插件、插座；部分机型的光驱和硬盘在打开笔记本电脑的外壳后才能拆下。

4) 拆卸键盘：拆笔记本电脑分为前拆和后拆两类。前拆的笔记本电脑键盘是靠压条压住的，只要把压条拆下就能取下键盘；后拆是指部分键盘通过笔记本电脑后面的固定螺钉固定。拆开后整个机器就便于拆卸了。取下键盘的时候注意键盘与主板是通过一条线与主板上的一个接口相连，接口处有卡子，小心损坏卡子。要是这个卡子损坏了，键盘与主板的连线就无法固定，就需要用热枪来固定。

5) 拆卸显示屏：首先拆卸显示屏的屏框，然后拆卸高压板，最后拆卸液晶显示屏。拆卸时需要特别注意以下三点：①不要划伤显示屏的屏幕，更不要损坏显示屏；②显示屏的连线十分细小，容易折断，又不容易购买，请参照“连线的拆卸方法”；③高压的连线尽量不要靠近金属的屏框，以免发生高压放电。



3. 拆装注意事项

1) 防止电力损坏: 维修人员应配戴相应防静电器具, 如静电环的防静电绝缘塑料垫等。如果没有这些设备, 至少释放一下人体静电, 如用手摸一下自来水管。笔记本电脑内部有电池, 即使关机后, 电池也要向笔记本电脑的某些部位供电, 因此拆机前要取下电池。

2) 不要损坏螺丝帽: 笔记本电脑上的螺丝帽有梅花型和内六角型两种, 在拆机时要根据螺丝的大小和种类选择合适的螺丝刀, 以免损伤螺丝帽, 导致螺钉无法拆下。如果有滑了丝的, 可以用斜口钳夹住, 然后慢慢旋出。

3) 注意隐藏的螺钉: 有的机器电池下面有螺钉, 有的机器在光驱上面有螺钉, 很多机器在标签下面也有螺钉, 还有一些螺钉是用胶泥密封了的。可以用手指试压, 探出是否有螺丝孔或螺钉。只要把所有螺钉都拆下, 外壳就很容易取下来。如果拆卸困难, 往往是由于螺钉没有被拆卸完, 切记不能强行用力撬开笔记本电脑的外壳, 这样会造成笔记本电脑外壳损坏。机器的 CD 壳之间除了螺钉固定外, 还有卡子, 在拆的时候找到卡子地方轻轻扳开就行, 太用力易损坏卡子。

4) 注意螺钉的长短和种类: 在装配时要注意螺钉的长短、粗细的螺丝帽的种类, 螺丝帽有平头或圆头两种。当元件的上部还有部件的时候需要特别注意, 也可以在拆卸的时候用记号笔做一定的标记。比如, **IBM** 和东芝的笔记本电脑部分机器都有明显的长度标识。对于没有标识的机器, 当不能确定采用螺丝的长度的时候, 在拧紧螺钉的时候就一定要注意, 以免螺钉过长损害外壳或电路板以及电路板上的元件, 这样受损的笔记本电脑很难修复。特殊的螺钉需要特别注意安装位置。

5) 外壳拆装注意事项: 由于笔记本电脑很多部件采用塑料, 所以拆卸这些部件时用力一定要适度, 为可以用力过式。有些外壳采用锁扣方式, 一定要小心, 可用大拇指指甲轻轻拨开, 切忌用金属工具撬开, 这样会留下痕迹。

6) 零件的存放: 将拆卸的大件放在一个塑料盒内, 小件放在另一个塑料盒内, 不要大小件混装, 避免小件掉入大件内。拆卸各类电缆(排线)时, 不要直接拉拽, 而要明确其插口是如何吻合的, 解除吻合装置, 握住其端口(切忌握住线拉拽)缓慢向外左右移动拉出, 用力不要太大。不要压迫、振动硬盘, 硬盘要单独放置。

7) 记住拆卸顺序: 在拆机时要记住拆机顺序, 尽量每拆一个元件, 反复看几次, 按顺序放好, 以保证安装时能按相反的顺序装回。对于不熟悉的机器, 最好拍照, 以免在装机的时候装不完整, 特别是初学者更有必要拍照。另外, 在拆机的时候螺钉也要按长度、按顺序放置。

8) 安装注意事项: 在安装的时候先要把几个元件放在一起, 以确保位置正确才开始上螺钉固定, 以免最后返工。安装电缆(排线)时, 手拿线头插入插槽内, 有固定部件的先要安装好固定件; 对螺钉、弹簧等要对号入座, 当拧螺钉感觉比较紧时, 要检查螺钉是否长了或粗了。当拧螺钉感觉特别松的时候, 要检查螺钉是否短了或细了; 螺钉和卡子严禁掉入笔记本电脑内, 避免引起其他故障; 安装过程和拆卸过程是一个相反的过程。硬盘和光驱要尽量放在最后安装。安装内部的每个元件都要到位。特别是音箱线、无线网卡线和鼠标线等, 都要记得插上, 以免在全部装好后, 发现没有装完, 这样又要拆一次机。最后, 在安装完以后, 检查是否有遗漏的元件(螺钉与配件), 摇晃一下机器, 检查是否有螺钉掉入机器内部。机器内部是否固定好, 安装完全正确之后再安装电池, 然后开机观察机器能否正常工作。



6.1.3 IBM T30 笔记本电脑拆卸

笔记本电脑的拆装是一项十分细致的工作。下面以 IBM T30 为例介绍笔记本电脑的具体拆卸过程。

1. 电池拆卸

IBM T30 笔记本电脑的电池拆卸方法如图 6-7 所示。

- 1) 右手将电池固定卡子向右拉。
- 2) 左手将电池轻轻向上取出。

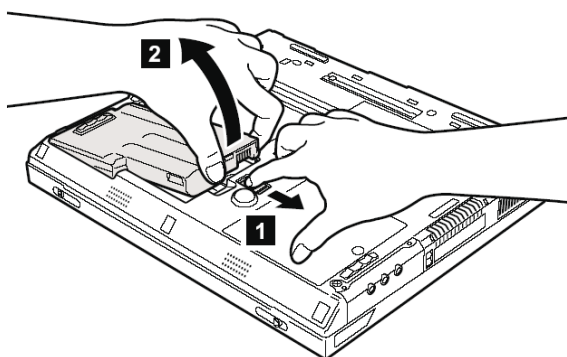


图 6-7 电池的拆卸方法

2. 光盘驱动器的拆卸方法

IBM T30 笔记本电脑光盘驱动器的拆卸方法如图 6-8 所示。

- 1) 将锁定的卡子向外拨，这时将弹出一个拉杆。
- 2) 将拉杆轻轻向外拉，就可以拉动光盘驱动器。
- 3) 用手将光盘驱动器取出来。

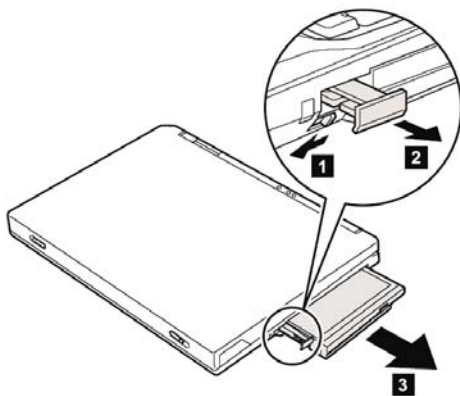


图 6-8 光盘驱动器的拆卸方法

3. 硬盘的拆卸方法

- 1) 首先拆掉固定螺钉，如图 6-9 所示。

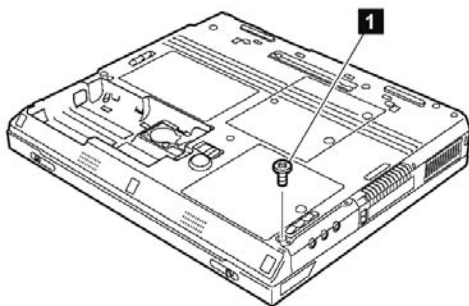


图 6-9 硬盘的拆卸方法（一）

2) 然后用双手的大拇指顶住硬盘连在一起的塑料盖，移出硬盘，如图 6-10 所示。

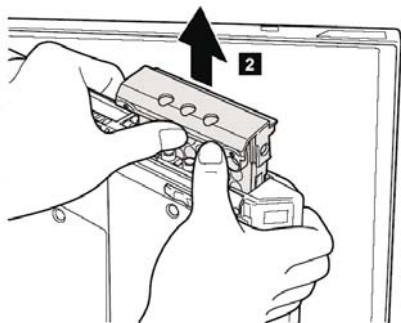


图 6-10 硬盘的拆卸方法（二）

4. 拆卸防震气垫

1) 防震气垫一般不用拆卸。在拆卸的时候，用“一”字小螺丝刀从带有圆点的缝隙处轻轻地插入，注意不要损坏塑料气垫，如图 6-11 所示。

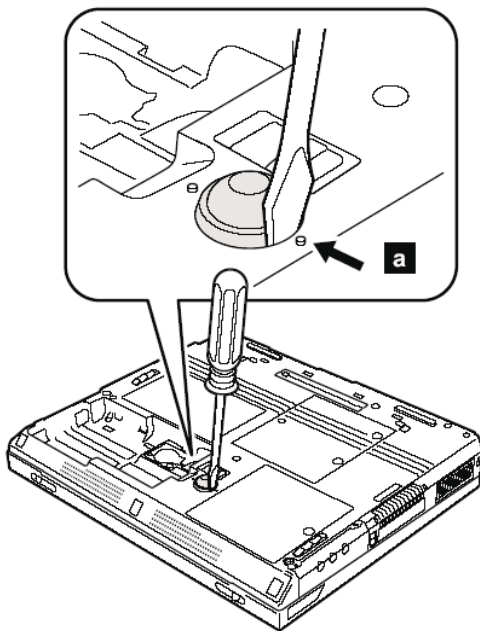


图 6-11 拆卸防震气垫（一）



2) 然后稍微向外用力撬起防震气垫, 幅度不能太大, 否则将损坏塑料挂钩, 如图 6-12 所示。

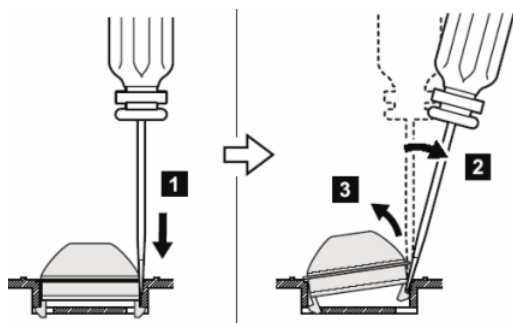


图 6-12 拆卸防震气垫 (二)

3) 安装防震气垫的时候需要将挂钩沿着里面的“槽”压下去, 就在“圆点”的旁边, 如图 6-13 所示。

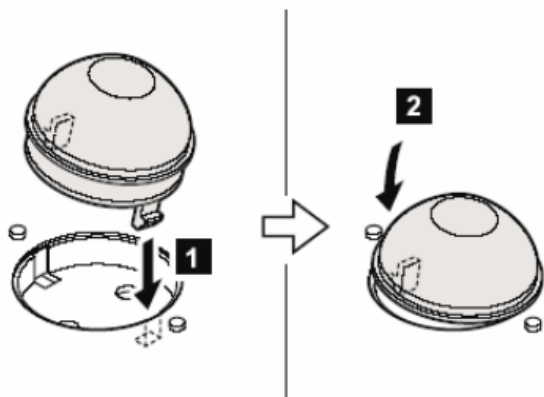


图 6-13 安装防震气垫

5. 拆卸CMOS电池

拆卸 CMOS 电池如图 6-14 所示。

- 1) 首先拆卸固定 CMOS 电池的螺钉。
- 2) 然后轻轻左右移动 CMOS 电池组件, 向上抬起 CMOS 电池组件 (靠电池这边)。
- 3) 用弯头镊子取下连接插头 (不要拉断连线), 这样就可以取出组件。

如图 6-15 所示是 CMOS 电池组件。当 CMOS 电池的电量不足时, 可以更换该组件, 也可以单独更换 CMOS 电池。

6. 拆卸内存

- 1) 内存外面有一张金属盖, 首先旋松金属盖上的螺钉 (此螺钉是不能退出来的)。
- 2) 然后在螺钉处向外轻轻用力拉, 就可以拆掉该金属盖, 露出内存条, 如图 6-16 所示。
- 3) IBM T30 有两条内存插槽, 原装机子配有一条内存, 向外用力搬开固定内存的卡子。
- 4) 内存会自动弹起来, 然后向外取出内存, 如图 6-17 所示。

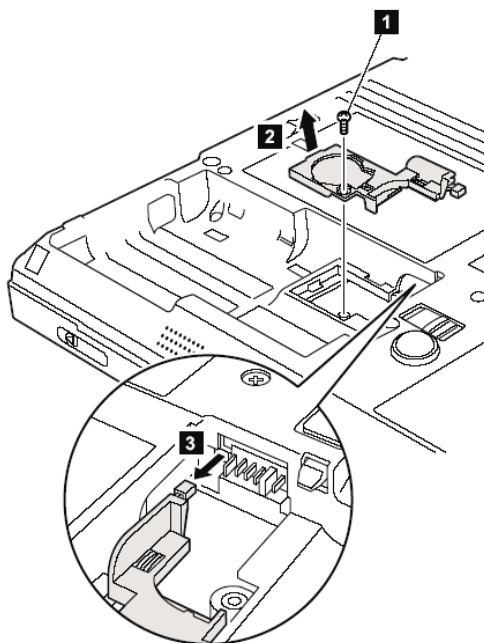


图 6-14 拆卸 CMOS 电池

7. 拆卸PCI卡

PCI 卡的拆卸方法和内存的拆卸方法相类似，如果是无线网卡，上面连接两根天线连线，必须先拆下这两根天线连线才能拆卸外壳，否则可能拉断这两根天线的连线。

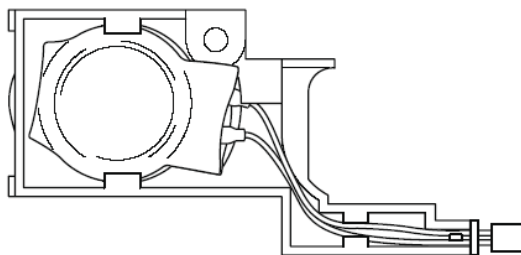


图 6-15 CMOS 电池组件

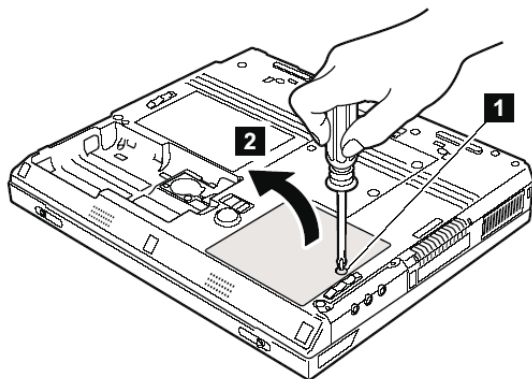


图 6-16 拆卸内存

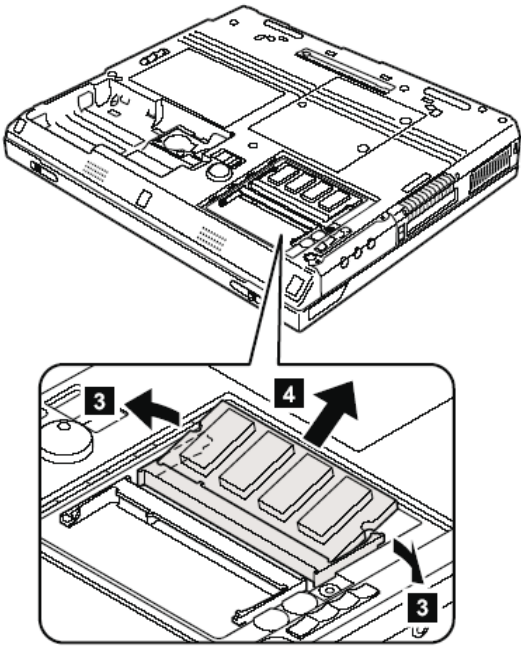


图 6-17 内存拆卸

8. 拆卸键盘

1) 拆卸键盘需要特别小心，容易使键盘变形或连接线损坏。首先拆卸背盖上的两颗键盘螺钉，在这两颗螺钉旁边有两个小箭头，如图 6-18 所示。

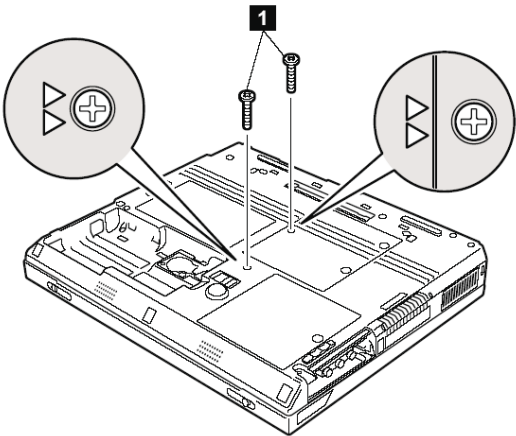


图 6-18 拆卸键盘固定螺钉

2) 然后轻轻用力取出键盘，有时比较紧，可用削尖的充值卡等塑料卡片将键盘挑起，幅度不能太大，否则将使键盘变形，如图 6-19 所示。

3) 取下键盘与主板的连线后，就可以移出键盘了，如图 6-20 所示。

9. CPU风扇拆卸

CPU 风扇拆卸如图 6-21 所示。

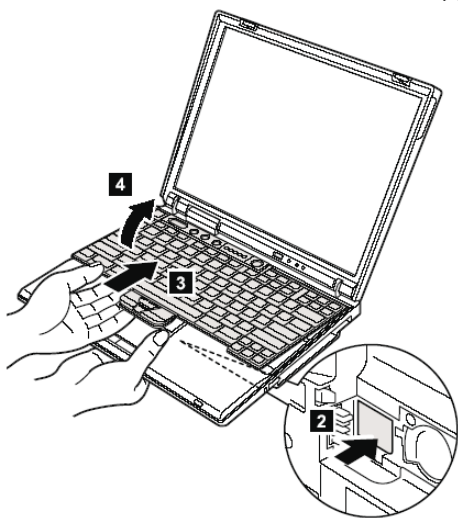


图 6-19 取下键盘

1) 首先取下 CPU 风扇上的 3 颗螺钉。

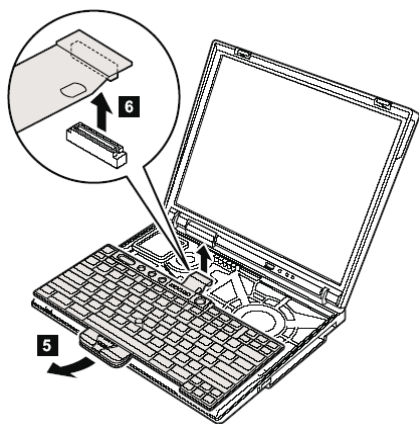


图 6-20 取下键盘与主板的连线

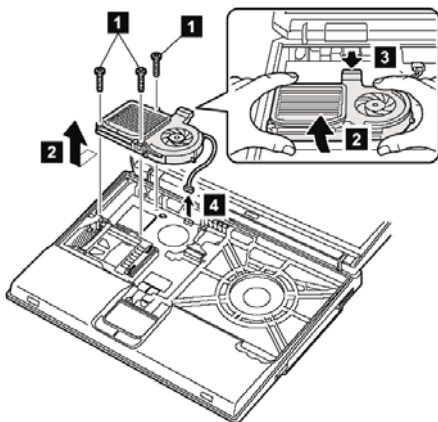


图 6-21 CPU 风扇拆卸方法

2) 取出 CPU 风扇，拔出风扇电源插头。

应检查一下 CPU 上的硅脂是否干涸，安装时先清除已经干涸的硅脂，再在 CPU 芯片上涂上薄薄的一层硅脂，硅脂太厚和太薄都不利于散热。

10. 拆卸面板

笔记本电脑面板的拆卸难度最大，稍有不慎将会损坏面板，而且很多机型没有单独的面板出售，只能购买全套笔记本电脑外壳。一套 P3 的笔记本电脑外壳售价接近于一台旧的 P3 笔记本电脑，如果人为损坏外壳，损失会比较大。

1) 首先拆卸笔记本电脑底板上的“1”号螺钉，如图 6-22 所示。

2) 有的“2”号螺钉外面贴有不干胶，请仔细观察，在不清楚具体需要拆卸哪些螺钉的情况下，最好拆掉底板上所有的螺钉，同时注意螺钉的长短和粗细，避免安装的时候出错。

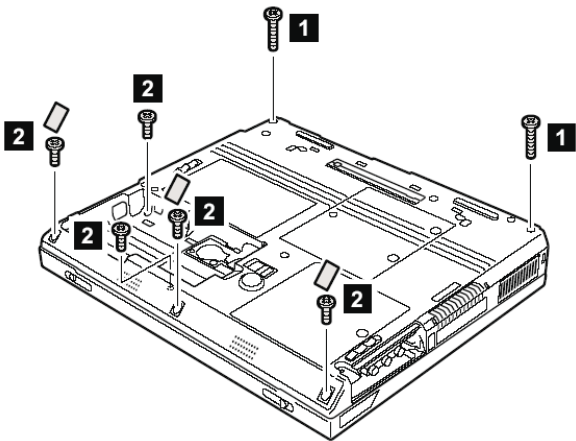


图 6-22 拆卸笔记本电脑底板上的螺钉

3) 然后拆卸面板上的螺钉，有些螺钉比较隐蔽，拆卸的时候应特别注意，如图 6-23 所示中的“5”号螺钉。有些面板上有连线，首先要拆除这些连线，IBM T30 面板上的螺钉分布如图 6-23 所示。

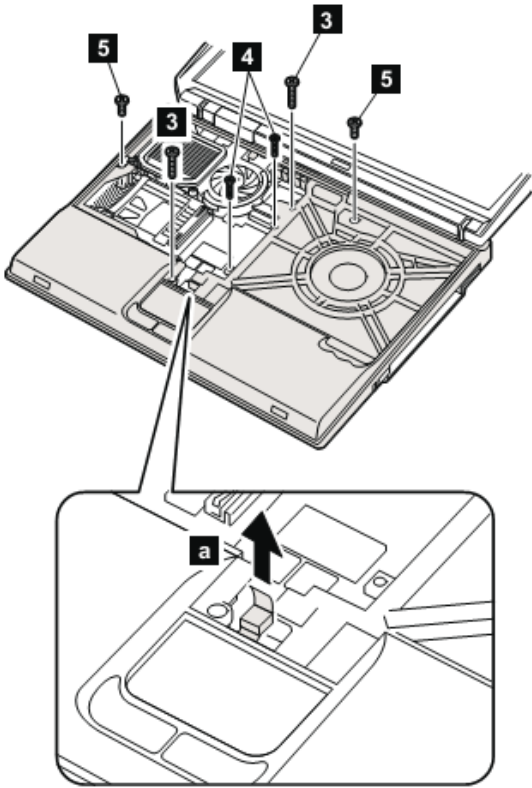


图 6-23 拆卸面板上的螺钉

4) 在移出面板之前要注意观察面板与底板之间是否有挂钩，如图 6-24 所示。不少初学者在没有拆卸或松开挂钩时就开始拆卸，容易造成面板损坏。

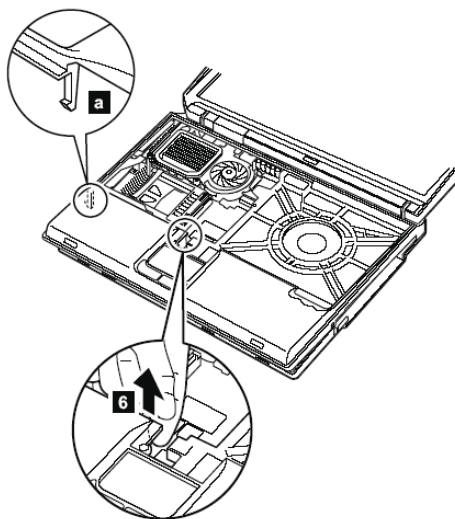


图 6-24 面板上的挂钩

5) 在拆除所有螺钉、挂钩和连线后, 就可以拆除面板了, 如图 6-25 所示。

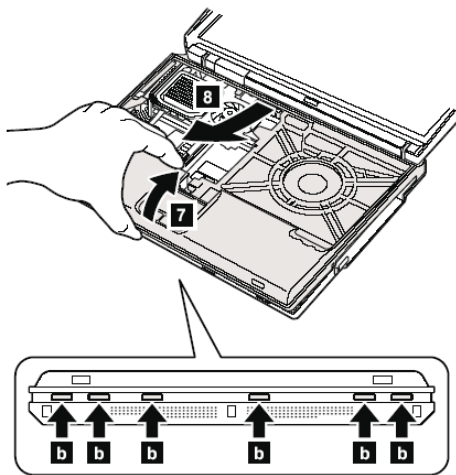


图 6-25 拆卸面板

在拆卸笔记本电脑面板之后, 主机的内部结构一目了然, 主机的其他部件拆卸就很简单了, 这里不再详细阐述。

任务 6-2 硬件板卡级维修

笔记本电脑常见故障分为软件故障和硬件故障。硬件故障维修又分为板卡级（一级）、芯片级（二级）、线路级（三级）故障维修。在具体维修过程中, 需要准确判断故障部位, 并根据具体情况, 灵活采取措施, 尽量降低维修成本。首先想到的是芯片级维修, 不得已才采用板卡级维修。一级维修是所有级别维修的基础, 二级维修是三级维修的基础。在学习过程中首先要掌握一级维修, 为二级维修创造条件, 需要进行三级维修的电脑很少。



1. 学习目标

最终目标：能对笔记本电脑进行板卡级维修。

- 促成目标：
- 1) 了解笔记本电脑硬件故障；
 - 2) 了解笔记本电脑软件故障；
 - 3) 能判别笔记本电脑部件质量；
 - 4) 能对笔记本电脑进行板卡级维修。

2. 活动设计

在 IBM T30 笔记本电脑中设置一个人为故障，进行一次板卡级维修。

3. 相关知识

完成笔记本电脑硬件板卡级维修，需要了解笔记本电脑硬件故障特点及类型，熟悉笔记本电脑故障检修步骤，并重点掌握笔记本电脑板卡损坏的检测判别方法与技巧。

6.2.1 硬件故障

硬盘、主板、显卡和显示屏都是硬件，而对应的操作系统和应用软件、主板 BIOS、显卡 BIOS 和显示屏控制程序等都是软件。BIOS 既是硬件又是软件。硬件和软件密不可分，硬件是软件工作的物质基础和条件，硬件作用的发挥需要软件的支持，用户通过软件操作硬件，使硬件完成相应的工作，它们的工作关系是：

用户→应用软件→操作系统→硬件设备→完成任务

没有软件支持，硬件就成了“废铁”，可以想象，一台只有硬件设备而没有软件的电脑没有任何作用。

1. 硬件及硬件故障特点

笔记本电脑中硬件就是指主板、硬盘、光驱和屏，它是实体，看得见摸得着。硬件设备损坏导致的故障称为硬件故障。这一般是因为电路损坏或接口电路损坏造成的，如主板上电路出现问题造成不加电，接口电路损坏造成光驱不能工作，这些都属于硬件故障。主板故障在维修技术中是要求最高的，必须对笔记本电脑主板上的电路和接口上电路非常清楚，知道它的工作原理，才能动手维修。芯片级电脑维修人员大部分是对硬件进行维修。

笔记本电脑主板上的元件众多、电路复杂，所以故障率高，且故障现象多种多样，发生故障的原因可能是设计上造成的，也可能是用户使用或者环境造成的，主板故障分布也十分分散，维修人员需要经过系统培训后才能进行维修。

2. 常见硬件故障类型

笔记本电脑的故障大体可以分为以下几类。

1) 不开机故障。也叫“不触发”故障，指不能加电，即按下开机键，笔记本电脑没有任何开机现象，如电源指示灯和硬盘指示灯不亮，CPU 风扇也不转，就如同没有按下开机键一样。这种故障多数是开机电路出现故障，也可能是与开机有关的其他电路出现问题。

2) 开机不亮故障。也叫“黑屏”故障，按下开机键的时候，电源指示灯和硬盘指示灯亮了，CPU 风扇也转动，也能正常关机，但显示器不显示。这是最常见的电脑故障，主要是



主板、CPU、内存或显示部分出现故障，而主板的每一部分均可能造成“黑屏”故障。

3) “死机”故障。这种故障是指用户在使用过程中，经常性“死机”或“蓝屏”，这可能是硬件的原因也可能是软件的原因。

4) 不能“自举”故障。这类故障不能引导系统，一般是系统文件或硬盘出现故障，需要重装系统或更换硬盘。

5) 液晶显示屏故障。当背光系统、图像系统和显示屏出现故障时会出现无光栅、光栅暗淡、缺色、偏色和图像模糊等。

3. 利用自检程序检修硬件故障

笔记本电脑的 BIOS 内都有自我检测和诊断的 POST 程序，在开机后电脑需要检查系统各个主要部分的配置以及是否能正常工作。如果检查出某个部件出现错误，系统就显示对应的错误信息或发出报警声，提示故障的性质和位置。仔细观察和记录错误信息，查阅错误代码含义，维修人员就可以初步判断故障部位，进行笔记本电脑诊断及检修工作。

笔记本电脑开机后的检查顺序如下：

1) 首先检查 CPU 和它的寄存器，再检查 CMOS 的启动信息，然后对 CMOS ROM 进行全面检查。

2) 设置 RAM 中的第一个 4KB 空间，再检查相关系统并对其初始化，然后对基本和扩展系统内存进行全面检测。

3) 检查键盘、硬盘驱动、软盘驱动器和 I/O 接口。所有测试都必须顺利通过，系统加载操作系统，POST 程序将控制权交给操作系统，由操作系统完成后续启动工作。

若在 POST 自检过程中发现错误，电脑则会通过报警或屏幕显示提示相应错误，维修人员以此判断故障部位。对于专业维修人员，采用笔记本电脑专用诊断卡测试，根据代码可以准确判断故障部位。

6.2.2 软件故障

软件故障是指软件所造成的故障。软件就是指程序，它不是实体。电脑软件出现故障时，需要对其刷新或重新安装，软件维修主要应用于硬盘和 BIOS 故障，最常见的软件故障维修方式就是重装系统，也是最低级的软件维修。其他的维修方式有分区、格式化硬盘、修复坏道等。当 BIOS 软件有故障时，一般采取刷新和更新 BIOS 程序等方法来排除故障。

软件故障现象有：应用软件无法运行、死机、蓝屏、非法操作、自动重启、无法上网等。

1. 操作系统故障

操作系统故障是指 Windows 98、Windows 2000 或 Windows XP 等系统崩溃，或中了病毒，这样的故障重新安装系统就可以排除，操作系统故障表现为如下特点：

1) 操作系统速度慢。这是由于文件破坏、感染病毒，注册表臃肿或临时文件太大等原因造成。

2) 死机。死机可能是硬件原因，也可能是软件原因，这时要重新安装系统，如果安装系统后故障仍然不能排除，说明是硬件故障。

3) 不能正常关机和休眠死机，均可能是高级电源管理电路出现故障或操作系统出现故障所致。



操作系统故障解决的最佳办法就是重装系统。

2. 驱动程序类故障

因为驱动安装错误造成不能进入系统、重启或死机，以及某个硬件不能使用等都是驱动程序类故障。

1) 显示驱动程序不正常。在“显示属性”的“设置”中，“颜色质量”最高只有4位，字体明显增大，只有重新安装正确的显卡驱动程序，当然显卡故障也可能造成无法正常安装驱动程序。

2) 声卡驱动程序不正常。找不到音频设备或音频设备前面的问号“?”。在音频设备里面无“音频控制器”，说明是硬件故障；如果音频设备前面有一个“?”，说明是驱动程序安装错误，或者没有安装驱动程序。

3) MODEM 或 LAN 不能工作。表现为找不到网络适配器或网络适配器前面的问号“?”。在网络适配器里面无“网卡型号”，说明是硬件故障；如果设备前面有一个“?”，说明是驱动程序安装错误，或者没有安装驱动程序。

4) 其他硬件因为没有加载驱动或驱动程序加载不正确而出现的故障现象，如打印机和摄像头等。

笔记本电脑的驱动程序大多数到官方网站都能下载，但并不像台式机那么容易安装。特别是 IBM 的笔记本电脑，在安装完成后，会在 C 盘生成一个 DRIVE 文件，在这个文件夹里会有三个文件夹（Windows 98、Windows 2000、Windows XP），根据安装的系统，打开对应的文件夹就行了。

3. 应用程序类故障

应用程序类故障经常造成系统蓝屏、死机、运行速度很慢、不能正常关机等。主要原因是病毒和杀毒软件冲突，这时最好重新安装系统和杀毒软件（安装后还要对杀毒软件 and 操作系统升级），然后对硬盘全盘杀毒，再安装其他的应用软件。对于特殊的病毒，需要用“专杀工具”，可以在网上查找和下载。

软件故障是笔记本电脑维修中最简单的，一般从事系统维护的技术员都能做，本项目不做详细说明。

6.2.3 板卡级维修

一级维修也称板卡级维修，板卡级维修就是检测具体某个板、卡部件是否损坏，如主板、电源、显示器等。维修时采用的方法主要通过简单替换、调试操作定位故障部件或设备，之后更换部件和设备，排除故障。这种维修技术要求不高，能懂一些简单的原理和按照一定的操作规范进行维修就可以，但这样做的成本较高，要求备用的部件和设备较多。对于现有的配件，直接更换后经过简单的调试就可以修好，维修周期短，但缺配件的机器，维修周期就很长，有些机型无法购买到配件时，就无法维修。目前很多笔记本电脑厂商的维修站都是板卡级维修，用户的笔记本电脑主板坏了，直接换主板，然后将主板返回工厂，由工厂帮助维修，这样有利于提高维修效率。

板卡级维修是芯片级维修的基础，在未完成芯片级维修或某些部件无法维修的情况下，可以采取板卡级维修。下面介绍笔记本电脑常见故障的排除（板卡级）方法。



1. 加电时电源指示灯不亮

加电后电源指示灯不亮故障,是指按开机键之后屏幕无任何反应,一般是电源适配器、电池、主板电源管理芯片、主板开机电路故障。通过测量先排除电源适配器或电池故障,然后更换主板。检修的板卡级方法如图 6-26 所示。

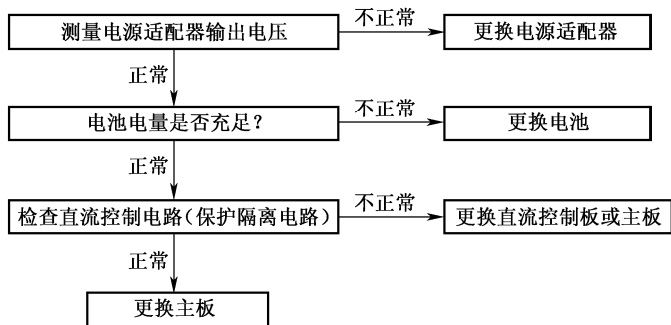


图 6-26 加电后,电源指示灯不亮的检修的板卡级方法

2. 硬启动失败检修

笔记本电脑不能硬启动表现为不能开机,但电源指示灯亮,说明电源适配器、电池及主板供电电路正常,此时不开机原因可能是开机键、主板损坏。先更换键盘或短路一下开机键,仍不能硬启动,则更换主板。检修的板卡级方法如图 6-27 所示。

3. 软启动失败检修

软启动表现为电源的指示灯亮,但自检不能通过, LCD 也无法显示,外接显示器也不能点亮。软启动失败检修的板卡级方法如图 6-28 所示,可通过更换内存、更换 CPU、更换键盘或更换主板来排除故障。

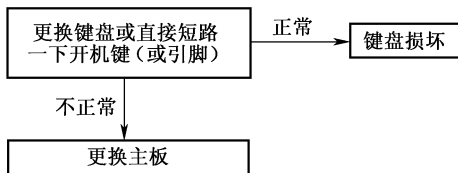


图 6-27 硬启动失败检修的板卡级方法

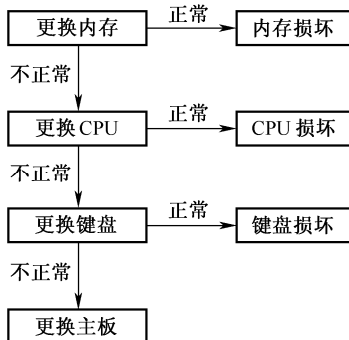


图 6-28 软启动失败检修的板卡级方法

4. 显示图像不清晰

此故障涉及的部件较多,对于维修经验丰富的技术人员,比较容易判断故障部位。维修时主要要认清故障现象,若外接显示器仍不正常,应更换主板;若亮度不正常造成图像不清楚,则可能是显示器背光系统出故障;花屏可能是主板显卡出故障;缺色可能是成像系统出故障。检修的板卡级方法如图 6-29 所示。

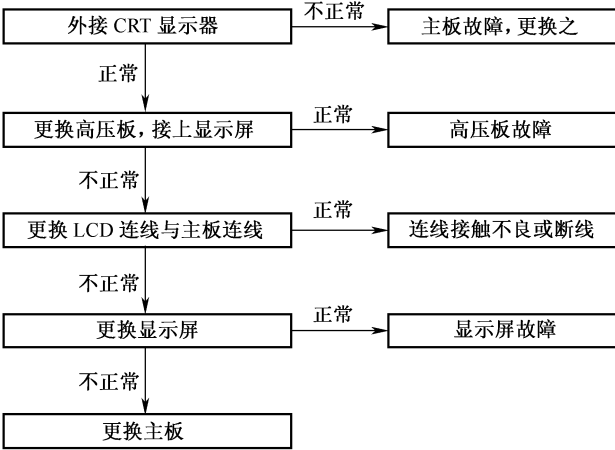


图 6-29 显示图像不清晰检修的板卡级方法

5. 不显示故障

此故障是指笔记本电脑的硬启动和软启动完成，但屏幕无显示。硬启动和软启动是否完成可以根据电流大小和诊断卡代码来确定，不显示类故障检修可根据有光无图、有图无光、无图无光来判别故障部位，其板卡级方法如图 6-30 所示。

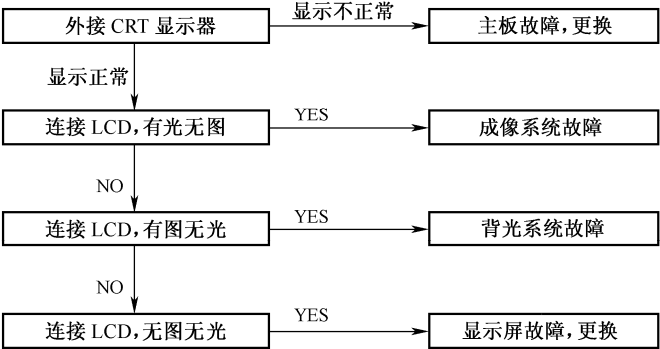


图 6-30 不显示类故障检修的板卡级方法

6. 触摸板故障

触摸板故障检修的板卡级方法如图 6-31 所示。

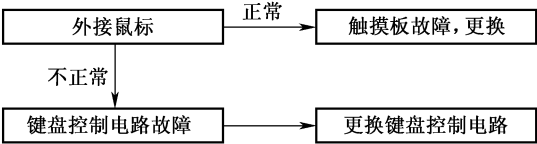


图 6-31 触摸板故障检修的板卡级方法

7. 串口故障

串口也叫做串行接口，串行接口的数据和控制信息是一位接一位地传送出去的。虽然这样速度慢一些，但传送距离较并行接口更长，因此若要进行较长距离的通信时，应使用串行接口。串口一般用来连接鼠标等，串口故障检修的板卡级方法如图 6-32 所示。

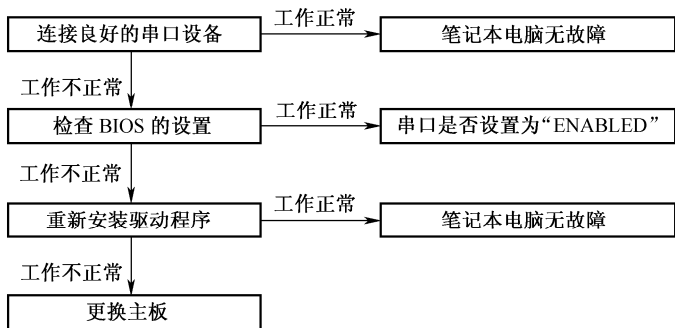


图 6-32 串口故障检修的板卡级方法

8. 并口故障

并口又称为并行接口。目前，并行接口主要作为打印机端口，采用的是 25 针 D 形接头。所谓并行是指 8 位数据同时通过并行线进行传送，这样数据传送速度大大提高，但并行传送的线路长度受到限制，因为长度增加，干扰就会增加，数据也就容易出错。并口故障检修的板卡级方法如图 6-33 所示。

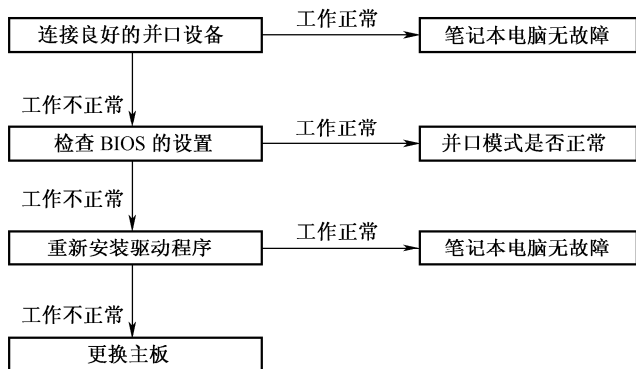


图 6-33 并口故障检修的板卡级方法

9. USB 口不工作

USB 口故障检修的板卡级方法如图 6-34 所示。

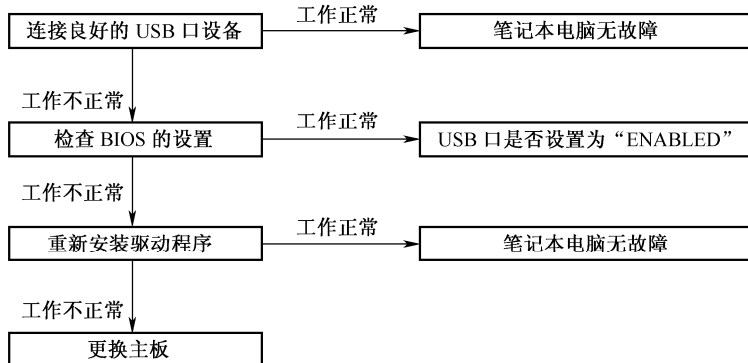


图 6-34 USB 口故障检修的板卡级方法



10. 声卡工作不正常

声卡工作不正常故障检修的板卡级方法如图 6-35 所示。

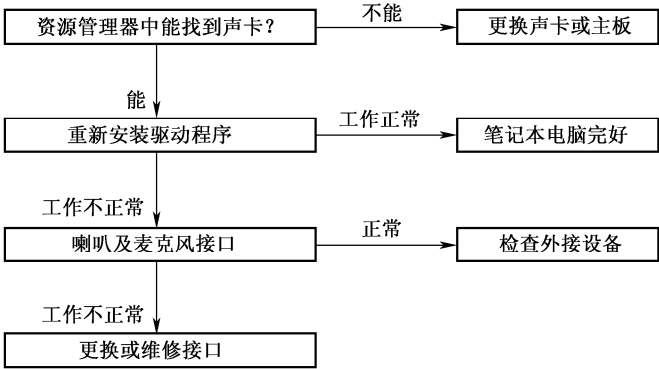


图 6-35 声卡工作不正常故障检修的板卡级方法

11. 风扇不转动

风扇不转动故障检修的板卡级方法如图 6-36 所示。

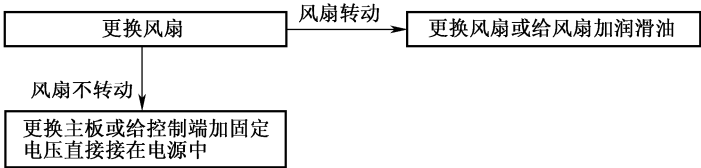


图 6-36 风扇不转动故障检修的板卡级方法

12. 键盘故障

键盘故障检修的板卡级方法如图 6-37 所示。

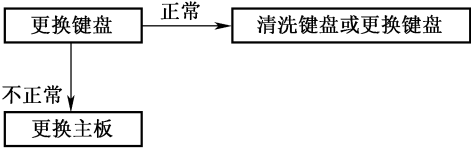


图 6-37 键盘故障检修的板卡级方法

13. 硬盘故障

硬盘故障现象有：启动时屏幕提示为正常、异常死机、频繁出现蓝屏、无法识别硬盘。硬盘故障原因有：坏道、无供电、分区表丢失、接口电路故障、磁头芯片损坏、电动机驱动芯片损坏、其他部件损坏。

14. 光驱故障

光驱故障现象有：光驱挑盘、无光驱盘符、打不开光驱仓门、光驱指示灯不亮、光驱不读盘等。光驱故障原因有：光驱与主板接触不良、驱动程序丢失可损坏、激光头脏或老化、传动带打滑、电动机烧坏等。光驱的激光头功率可以调整，激光头脏可以清洗，驱动程序可



重新安装，最后就是更换光驱。

15. 内存故障

内存故障现象有：死机、开机无显示报警、系统自动进入安全模式、出现内存容量不足提示等。内存故障原因有：CMOS 是内存参数设置不正确、内存条插槽接触不良、内存与主板不兼容、内存芯片质量不佳、内存损坏。维修时，一般需要更换内存条。

6.2.4 笔记本电脑维修步骤

笔记本电脑维修原则是：先调查后熟悉，先机外后机内，先机械后电气，先软件后硬件，先清洁后检修，先电源后机器，先通病后特殊，先外围后内部。笔记本电脑维修步骤：外部观察→内部观察→确定故障类型→确定故障部位→排除故障。

1. 从外部观察笔记本电脑

1) 观察笔记本电脑的生产厂家及型号，各种厂家生产的笔记本电脑有着不同的特点。对于经验丰富的维修人员，他们知道各种笔记本电脑的“通病”，配件的价格和能否有配件替换。如有些厂家的屏很难买；有些厂家的芯片很难买或资料欠缺；有的电池价格很高或难以购买。

2) 确定笔记本电脑的性能参数。这对于笔记本电脑维修比较重要，笔记本电脑的维修费用和材料均比台式机高。一台破损严重和比较陈旧的笔记本电脑送到你手上的时候，应先估计维修费用。

3) 观察是否有明显的故障现象，如破屏、键盘进水、接口损坏和外壳损坏等，有些外观损坏用户是知道的，有些情况下用户是不知道的，均应告诉用户，或者在签收单上注明，避免不必要纠纷。

4) 检查用户所带来的部件，如包装、电源适配器等。

5) 检查笔记本电脑电源部分的外部部件是否正确。特别是机外的一些开关，插座有无断路、短路现象等。

6) 检查笔记本电脑的螺钉，确定是否经过他人维修，便于进行故障诊断。

7) 检查软件环境。除标准软件及设置外，还包括用户加装的其他应用与配置。电脑的软件配置：BIOS 的种类、版本；当能够启动系统时，要注意观察电脑使用的是哪一种操作系统，其上又安装了何种应用软件，特别是杀毒软件；硬件的驱动程序版本以及是否正确等，这对维修死机或工作不稳定的笔记本电脑十分重要。

8) 询问客户故障发生时间，是否经常发生此类故障，是人为或自然引起的故障。

9) 询问硬盘是否有异常响声，是否存有重要数据等。

根据掌握的情况判断故障部位，判断是软件故障还是硬件故障，以及维修的成本，维修的难度和修复的可能性。掌握了以上情况后采取相应的维修方法。

2. 观察笔记本电脑内部情况

主要观察采用了哪些设备和是否有明显故障，观察笔记本电脑使用的配置，连线是否松动、是否有明显的损坏痕迹。特别要注意用户使用的硬件环境和周围环境。

1) 硬件环境。硬件环境包括机器内的清洁度、温湿度，部件上的跳接线设置、颜色、形状，用户加装的与机器相连的其他设备等一切与机器运行有关的其他硬件设施。



2) 周围环境。周围环境是指电源环境、其他高功能电器、磁场状况、网络硬件环境、温湿度、环境的洁净程度。

3) 装配检测。笔记本电脑的装配具有特殊性，因此在检修时一定要注意机器的装配是否正确。

4) 异常现象。异常现象有烧焦味、假焊、脱焊、连线断、电路板断裂、被别人修过。

5) 通电检查。通电后检查散热风扇是否旋转，元件的温度是否过高。

6) 除尘、清洗、烘干。对于污染严重的笔记本电脑，维修前需要除尘、清洗、烘干，被视为板级维修“三步曲”，在芯片级维修中仍然经常采用。

3. 确定故障类型

系统不能启动或不能工作时，应该首先检查软件是否损坏，排除软件的故障。例如，BIOS 设置不当，机器染上病毒、程序被破坏等。当确定软件完全正常，再从硬件方面着手检查。

例如，电脑不能启动系统，可以重新安装系统，或者换用一只启动系统的硬盘，看能否启动系统，先从软件方面排除故障。

再如电脑频繁死机，可能是软件的故障（系统文件损坏、病毒），也可能是硬件的故障，先检查软件，后检查硬件。

当有些软件不便于工作更新时，应该先从硬件着手，例如电脑“黑屏”，可能是 BIOS 文件，也可能是硬件问题，由于重写 BIOS 涉及很具体的问题，一般先检查它的硬件设备。

4. 确定故障部位

明确故障现象后，根据故障现象，借助相应工具，根据主板的结构，准确判断故障部位。在维修过程中一定要思路清晰、逻辑严谨、推理正确、避免走弯路。在具体检修时，首先确定是哪个设备的问题，是硬盘、主板还是电源的问题；然后确定设备的故障部位，如主板的电源电路、时钟电路或 I/O 电路；最后确定是哪个元件的问题。

“黑屏”故障可以根据喇叭报警声或诊断卡代码来判断故障部位。例如，代码“C1”表示内存插槽或内存本身有故障。“死机”故障可以根据死机后电脑显示的代码分析，再反复试验，观察电脑在什么情况下死机，进行综合分析、判断故障部位。“自举”故障可以根据屏幕提示判断。

如果对于所观察到的现象，判断故障部位有一定难度，尽可能先查阅相关的技术资料。如主板的类型、方框图或电路图，看有无相应的技术要求、使用特点等，然后根据查阅到的资料，再着手维修，切忌乱拆乱焊。例如，键盘不工作，在排除键盘本身连接的电阻、电容元件、保险电阻损坏之后，就应该考虑芯片损坏，I/O 芯片集成在南桥里面的就应该考虑更换南桥，若是单独的 I/O 芯片，就应该考虑更换 I/O 芯片。

5. 排除故障

在出现故障时，有时可能会看到不止一个现象，应该先判断、维修简单的故障。当修复后，再检修复杂的故障。有时简单的故障维修好之后，复杂故障也就明显了，更有甚者复杂的故障现象就消失了。

一个元件损坏可能表现出多个故障现象，如内存接触不良，可能使电脑不能启动，也可能使电脑死机。



*任务 6-3 硬件芯片级维修

芯片级维修也称二级维修。芯片级维修就是利用万用表、电烙铁以及示波器等专用工具，检测某个电子元件或芯片是否损坏来修复故障。芯片级维修对维修人员要求较高，要求能分析电路的工作原理，熟练掌握焊接技术。

如笔记本电脑的开机芯片坏了，会导致笔记本电脑不能开机；若充电管理芯片坏了，会导致充不了电；若声卡芯片坏了，会导致没有声音；笔记本电脑上有 CPU 供电电路某个电容击穿，就会导致供电短路，电压过高时开机有可能烧坏 CPU；笔记本电脑上的南桥部分电路坏了就可能会导致网卡不能用，USB 口不能用，或者不认硬盘等，这时采取的办法不是更换主板，而是利用专业的检测工具，具体找出是哪个电子元件引起的故障，然后换一个新元件来排除故障。

1. 学习目标

最终目标：能对笔记本电脑进行芯片级维修。

- 促成目标：
- 1) 了解笔记本电脑各部件的作用；
 - 2) 熟悉常见芯片的型号及功能；
 - 3) 掌握每个电路的工作原理、关键测试点；
 - 4) 熟悉检修流程和易损元件；
 - 5) 明确在开机前、后有哪些电路在工作；
 - 6) 能对笔记本电脑进行芯片级维修。

2. 活动设计

在 IBM T30 笔记本电脑主板电源系统中设置一个人工故障，进行一次芯片级维修。下列操作供选择：

- 1) 改高压板：能将 OEM 高压板，与任何一种原装高压板任意代换成功。
- 2) 换液晶屏灯管操作：液晶屏电路板内、外两种灯管放置方式的换装实战练习。
- 3) 芯片焊接操作：各种密集引脚的芯片焊接技术实战演练。
- 4) 借助可调电源在不开机下判断出故障类型及部位。
- 5) 供电电路芯片级检修：保护隔离电路、CPU 供电电路、系统单元供电电路、液晶屏背光电路、电池充电电路。

3. 相关知识

要完成笔记本电脑硬件芯片级维修，必须对笔记本电脑主板电路非常熟悉，即必须熟悉笔记本电脑供电电路、启动电路、时钟电路、显示电路等相关知识。

6.3.1 IBM T30 供电电路检修

1. 笔记本电脑供电电路组成

笔记本电脑供电电路组成如图 6-38 所示。它由电源适配器、保护隔离电路、电池及充电管理电路、待机电路、开机电路、系统单元供电电路、CPU 供电电路等组成。

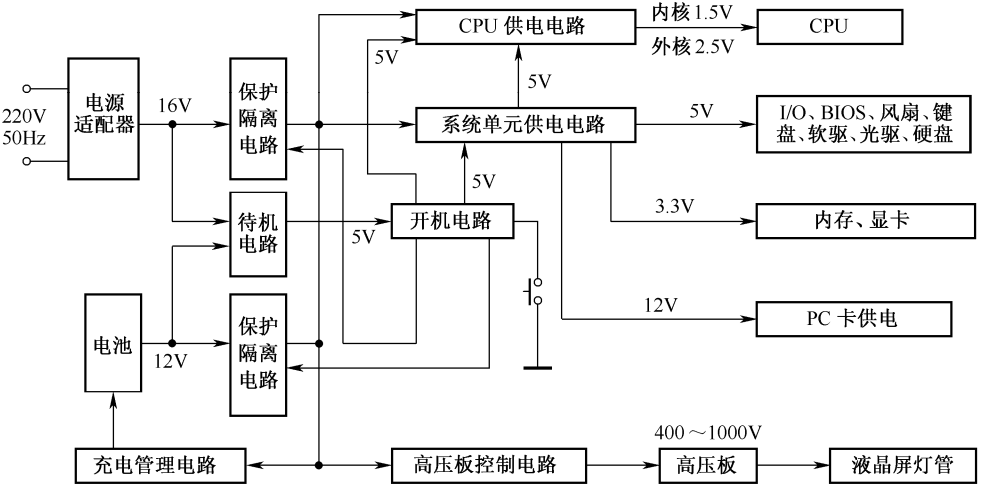


图 6-38 笔记本电脑供电电路组成

电源适配器的作用是将 220V 交流电变成 15~20V 直流电。保护隔离电路的作用是防止电池电源窜入电源适配器，当适配器供电正常时，由电源适配器供电，当电源插头没有插上，由电池供电。系统单元电源电路采用开关电源，将 16V 主供电降为 3.3V/5V 或者 1.8V/2.5V 的直流电压，提供给主板上的各个单元电路（如插槽、南桥、北桥、时钟电路、显卡及 BIOS 等）。CPU 供电电路也采用开关电源，给 CPU 提供十分稳定的供电电压。高压板控制电路为液晶屏灯管提供 400~1000V 交流高压。充电管理电路负责对电池的充电管理，当电池电压下降到一定程度时给电池充电。

2. 适配器供电中的保护隔离电路

适配器供电电路的作用是将电源适配器输出的 15~20V 直流电，通过控制电路提供给笔记本电脑的系统单元电路、CPU 核心供电电路和电池充电电路等。

IBM T30 适配器供电中的保护隔离电路如图 6-39 所示。交流电源适配器输出的 16V 电压送到 4 芯插座 J16①、②脚，经熔丝 F2 输出 16VSR，给待机电路和开机电路等供电。P 沟

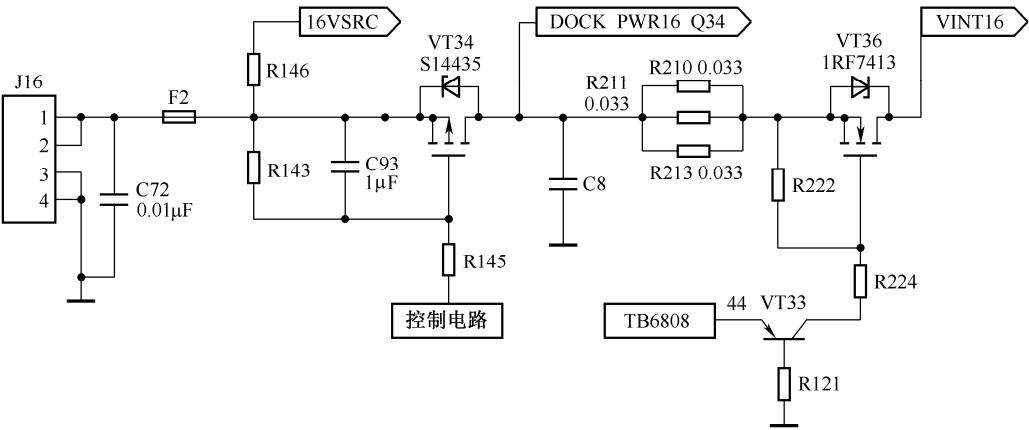


图 6-39 IBM T30 适配器供电中的保护隔离电路



道 VT34 的导通受开机电路控制, 在实际电路中无控制电路, 因此无论开机与待机, 只要电源适配器输入了电压, V34 将导通, 输出 16V 的 DOCK_PWR16_Q34 电压, 经 R210、R211、R213 加到 VT36 源极。

当电源适配器供电时, 从 TB6808 的④脚输出一个比电源还高的 20.5V 电压, 使 VT33 导通, 输出 20.4V 电压使隔离开关场管 VT36 导通, VT36 漏极输出 VINT16 电压, 给系统单元电路、CPU 核心供电电路和充电电路等提供电源。

当电池供电时, VT36 截止, 由电池提供约 12V 的 VINT16 电压。

3. 电池供电中的保护隔离电路

IBM 电池供电中的保护隔离电路如图 6-40 所示。电池输出的 12V 电压送到 J13①脚, 经熔丝 F12 输出 M-BAT-PWR 电压送待机电路(如图 6-45 所示), 然后经 N 沟道场效应管 VT8、P 沟道场效应管 VT10, 输出 12V 的 VINT16 电压, 给系统单元供电电路、CPU 供电电路和充电电路等提供电源。

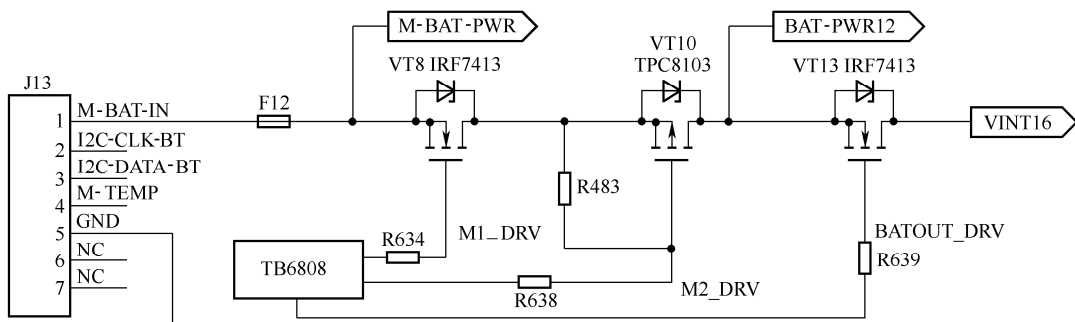


图 6-40 IBM T30 电池供电中的保护隔离电路

BAT-PWR12 是来自充电管理电路的 12V 充电电压。VT8、VT10 是隔离开关场管, 其导通分别受电池供电控制信号 M1_DRV 和 M2_DRV 的控制。M1_DRV 为高电平时 VT8 导通, M2_DRV 为低电平时 VT10 导通。在充电及电池供电状态, VT8、VT10 将导通。

4. 故障检修

1) 保护隔离电路一般由保险管、滤波电容、二极管及场效应管组成。首先排除短路故障, 用万用表 R×1 挡测量电源接口对地电阻, 若为 0, 说明有短路故障。

2) 从电源接口开始依次测电压, 哪一个元器件有电压输入, 没有电压输出, 说明该元件有故障。如果场效应管有电压输入, 没有电压输出, 还要判别场效应管是否满足导通条件, 若场效应管导通条件满足而不导通, 说明场效应管已损坏。

6.3.2 IBM T30 充电电路检修

1. 充电电路组成

为使笔记本电脑在停电或外出时使用, 笔记本电脑都有电池供电电路和充电电路。充电电路组成如图 6-41 所示, 当电池电压下降到预设值时, 电池充电电路将电源适配器的电压加到电池上, 对电池进行充电。

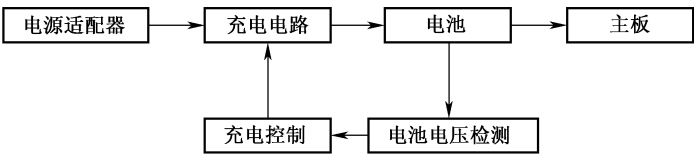


图 6-41 充电电路组成

2. ADP3806 电池充电芯片介绍

ADP3806 是美国模拟器件公司的高频开关式锂离子电池充电集成电路，它将高输出精度电压与精密电流控制功能相结合，提高了恒流恒压（CCCV）充电器的性能。ADP3806 内部框图及引脚如图 6-42 所示。

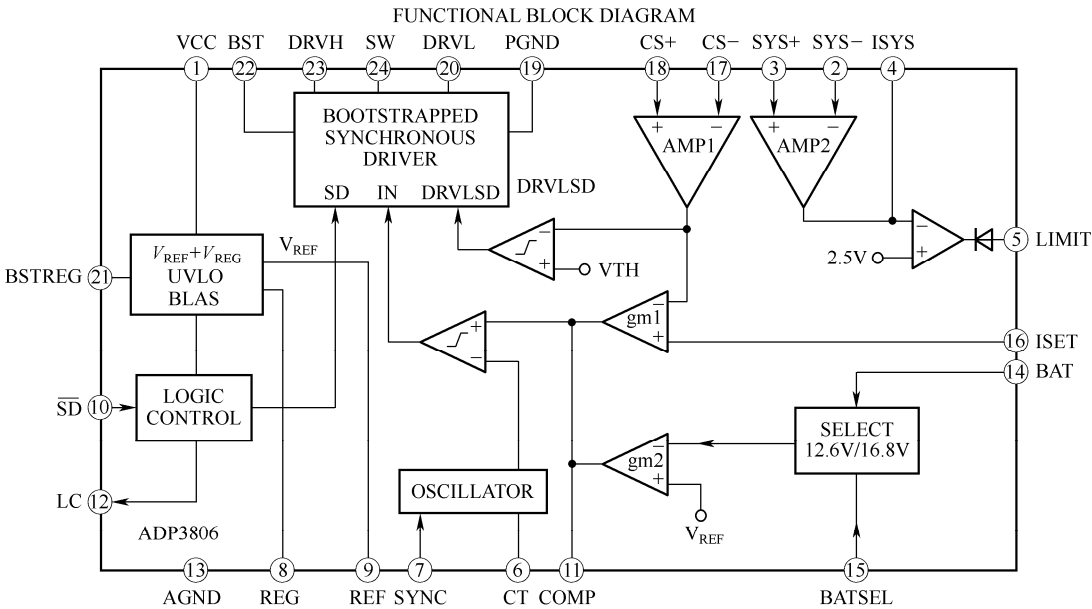


图 6-42 ADP3806 电池充电集成电路

①脚为供电，②、③脚为过流检测输入，④脚为充电结果输出，⑤脚为电流门限调整，⑥脚为振荡器外接电容，⑦脚为振荡同步与频率选择，⑧脚为 6.0V 输出，⑨脚为 2.5V 基准，⑩脚为关闭输入，⑪脚为外部补偿电容，⑫脚为低电流输出，⑬脚接地，⑭、⑮脚为电池电压检测输入，⑯脚为充电电流大小调置，⑰、⑱脚为电池电压检测输入，⑲脚为地、⑳脚为低端驱动方波输出，㉑脚为 7.0V 电压输出，㉒脚为高端驱动器供电，㉓脚为高端驱动方波输出，㉔脚为高端驱动器检测输入。

3. IBM T30 充电电路

IBM T30 充电电路如图 6-43 所示。

R210、R211、R213 为适配器供电时的整机过流精密取样电阻（如图 6-39 所示），过流取样电压加到 ADP3806 的②、③脚，经内部 AMP2 放大后，作为工作状态 ISYS 信号从④脚输出等相关电路，经处理后，使显示屏显示电池充电状态。

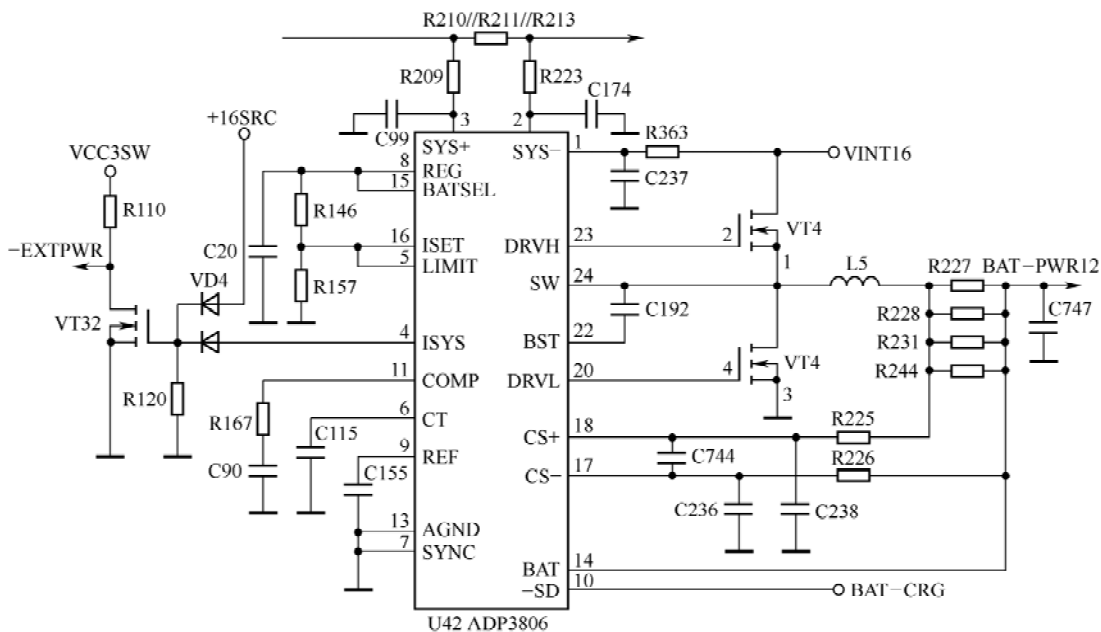


图 6-43 IBM T30 充电电路

ADP3806 的⑧脚输出 6.0V 电压，经 R146 和 R157 分压后得到 3.36V 电压，送回到 ADP3806 的⑩脚内部的 gml 放大器。同时 ISYS 信号通过一个运放控制 ADP3806 的⑤脚。IBM T30 机型 ADP3806 的⑤脚与⑩脚是相连接的，改变 ADP3806 的⑩脚 ISET 电位，通过内部的 gml 放大器来关断振荡信号，就可以控制充电电路工作。

当 ADP3806 的⑩脚为高电平时，充电电路工作，由 ADP3806 的②脚输出高端驱动方波，②脚输出低端驱动方波，这两个方波控制场管 VT4 的高端与低端场管交替导通与截止，输出的矩形脉冲经 L5 滤波后，再经限流电阻（R227 等）输出电池充电电压 BAT-PWR12，给电池充电。ADP3806 的⑩脚为低电平时关闭充电电路。

R227 等为限流检测电阻，其两端电压分别加到 ADP3806 的①脚与⑩脚。在充电过程中，电池电压从低到高逐渐上升，充电电流从大到小逐渐减小，检测电阻两端电压也从大到小逐渐变化，此变化的信号经 ADP3806 内部 AMP1 放大后，一路送 DRVLSD 放大器放大，输出信号控制电池充电驱动电路，以改变充电电流大小；另一路送 gml 放大器，通过 gml 放大器来关断振荡信号，从而控制充电电路工作。

4. 故障检修

- 1) 电池不能充电：电池损坏；充电管理电路损坏。
- 2) 电池不能充满电：电池充满电后的电压是额定电压的 1.3 倍。场效应管及升压电容损坏；充电芯片内部控制参数错误，或温度检测损坏，或电压检测损坏，需更换芯片。
- 3) 系统显示的电量与实际电量不符合：芯片内部检测不准确，需更换芯片；更换或检修电池。
- 4) 插上电池不能开机，不插电能开机：电池内部有短路或断路；电池接口接触不良，导致南桥保护；放电电路有问题。



5) 插上电源适配器不能开机, 插上电池能开机: 从保护隔离电路到电源管理芯片之间有断路现象; 充电管理电路损坏。

6.3.3 IBM T30 待机与开机电路检修

待机状态是指接上电源适配器没有按下开机键的状态, 由电源适配器提供待机电压, 没有接上电源适配器时, 由电池提供待机电压。在待机状态下, 笔记本电脑耗电十分微弱。拔掉电源后, 待机电路由电池供电, 因此在维修或长期不用时, 需要同时拔下电源适配器并取下电池。

开机电路是指按下开机键时, 通过开机电路控制单元电路, 使其开始工作。

1. 待机与开机电路组成

笔记本电脑待机与开机电路组成如图 6-44 所示。

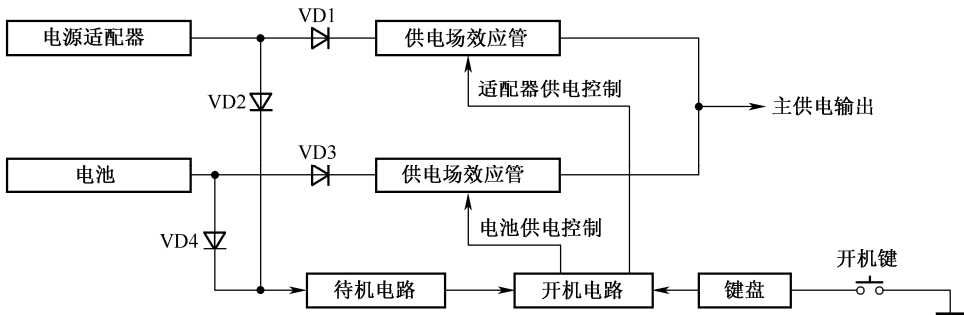


图 6-44 笔记本电脑待机与开机电路组成

电源适配器和电池分别经 VD2 和 VD4 给待机电路供电。由于电源适配器电压比电池高, 因此当电源适配器有电压时, VD4 截止, 由电源适配器给待机电路供电; 当电源适配器无电压时, VD4 导通, 由电池给待机电路供电。

当按一下开机键 SW1, 开机电路将选择电源适配器或电池中的场效应管导通或截止, 有主供电输出。

2. IBM T30 待机供电电路

待机供电电路的作用是: 为主板上需要待机的芯片供电, 一般为 3.3V 或 5V; 给开机键提供高电平。

IBM T30 待机电路如图 6-45 所示。此电路有三路电压输入: 第一路是电源适配器经隔离二极管 VD10 输入的 VINT16 (16V) 电压, 第二路是主电池经隔离二极管 VD19 输入的 M-BAT-PWR (12V) 电压, 第三路是辅助电池经隔离二极管 VD23 输入的 S-BAT-PWR (12V) 电压。由于电源适配器电压高于电池电压, 所以当插上电源适配器时, 由电源适配器给待机电路供电, 此时 VD19、VD23 截止; 没有插上电源适配器时, 由电池给待机电路供电。供电电压经 R629 加到待机芯片 VR3 的⑤脚。

待机芯片是 VR3, 采用 S_87336CUP 集成芯片, 实际电路采用 AOH331。不管是开机还是待机, 不管是电源适配器供电还是电池供电, VR3 的①脚均输出 3.3V 电压, 即 VCC3SW 为 3.3V, VCC3SW 为开机触发电压。

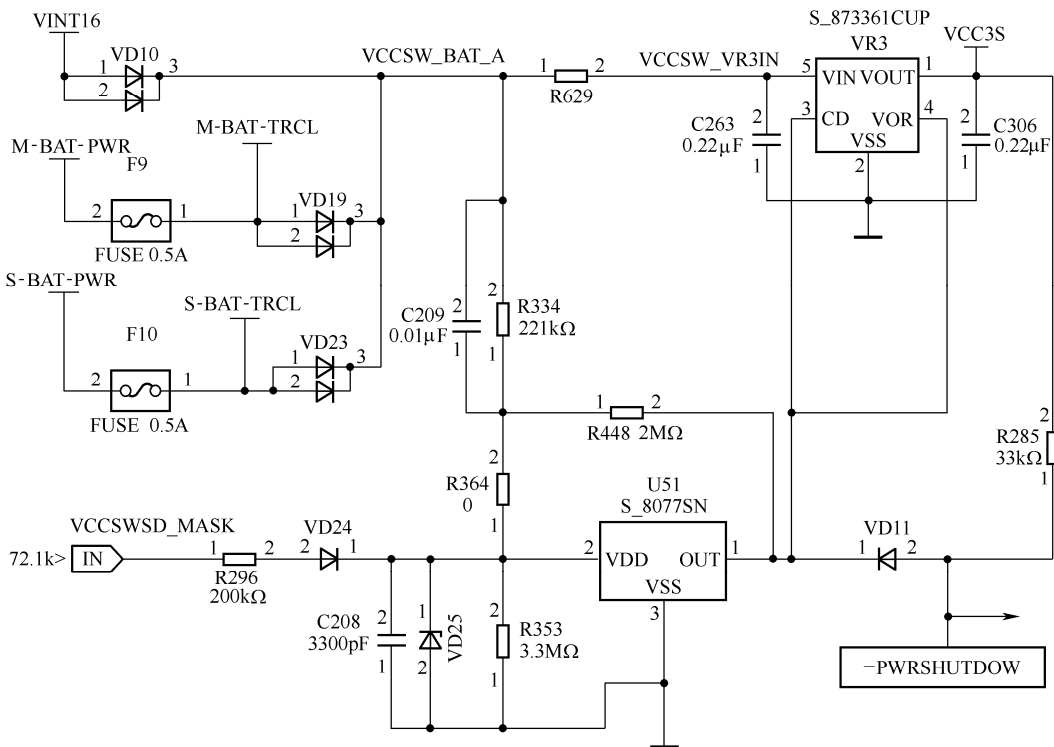


图 6-45 IBM T30 待机电路

当电源适配器供电时，不管是待机还是开机，U51 的①脚均输出 9.9V，即 VR3 的③脚与④脚均为 9.9V。此时 VD11 截止，VR3 的①脚输出的 3.3V 电压经 R285 降为 3V，即 _PWRSHUTDOWN 为高电平 3V，开启系统单元供电电路。

当采用电池供电，开机时 U51 的①脚也为 9.9V，与电源适配器供电时相同，_PWRSHUTDOWN 为高电平 3V，开启系统单元电路。待机时 U51 的①脚输出低电平，即 VR3 的③、④脚均为低电平。此时 VD11 导通，拉低 VR3 的①脚输出的 3.3V 电压，即 _PWRSHUTDOWN 为低电平，关闭系统单元供电电路，节约电力。

3. IBM T30 开机电路

IBM T30 开机电路如图 6-46 所示。在待机状态，由待机芯片（如图 6-44 所示）产生的 3.3V 的 VCC3SW 电压，给开机触发电路 U34、电源管理电路 U28 和电子开关 U32 供电。

U34 为开机触发芯片，若开机键没有按下，U34 的⑦脚为高电平，此时⑤脚输出 0V 送电源管理芯片 U28 的⑦④脚。当按一下开机键，开机键高端电压呈高→低→高的跳变，触发 U34 的⑦脚，使 U34 的⑤脚从低电平跳到高电平，U28 的⑦④脚接收到此开机信号。

在待机状态，_PWRSWITCH 保持高电平，VD21 和 VD22 截止。待机时电源管理芯片 U28 的⑦⑤脚输出的 PWRON 开机信号为高电平，使 U32⑦脚为高电平，U32①、②脚内部的电子开关导通，U32①脚输出 _PWRSWITCH_RSM 信号到南桥 U5 的 AB1 脚，作为南桥的复位信号。同时，电源管理芯片 U28 的⑥③脚输出的 +PWRON 为低电平，使 U32③脚为低电平，U32⑤、⑥脚内部的电子开关断开，南桥不接受 U23 输出的 _PWRSW_H8 的控制。

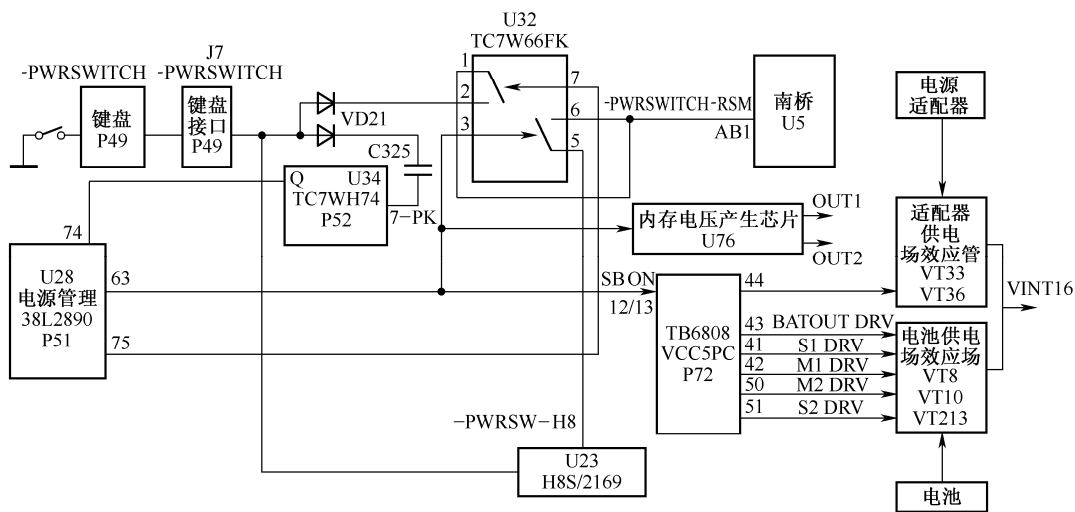


图 6-46 IBM T30 开机电路

当按一下开机键，U28 的④脚接收到高电平开机信号后，U28 的⑥脚输出的+PWRON 为 3.3V 高电平。首先，该高电平使 U32③脚为高电平，U32⑤、⑥脚内部的电子开关闭合，将 U23 的⑩脚输出的高电平_PWRSWITCH_RSM 信号送往南桥 U5 的 AB1 脚，南桥开始工作。其次，该高电平送到内存供电电压产生芯片 U76 的 ON1 脚，显卡供电电源管理芯片的 ON1 脚及 U30 的_SD 脚（图中未画出），分别产生内存条供电电压、显卡芯片核心电压及 CPU 核心电压。再次，TB6808 的 SBON 脚接收到高电平开机信号后，TB6808 将从④①、④②、④③、⑤①、⑤②脚输出电池供电场管控制信号，并从④④脚输出电源适配器供电场管控制信号。

4. 待机与开机电路故障检修

- 1) 当待机电路有故障时，则按下开机键后无反应。测开机键引脚电压是否有高电平，待机电路有故障时，开机键引脚无电压。
- 2) 测待机芯片电压，若有输入电压，无输出电压，则为待机芯片损坏。若没有输入电压，则检查隔离保护二极管。
- 3) 不开机就是指不加电，开机电路常见故障是开机键损坏、开机芯片损坏、开机键到开机芯片之间的电路损坏。

6.3.4 IBM T30 CPU供电电路检修

CPU（Central Processing Unit，中央处理器）是笔记本电脑最重要的核心元件，其内部结构由控制单元、运算单元和存储单元三大部分组成。CPU 正常工作时对电流和电压的要求特别苛刻，电路性能不良或不稳定将直接影响电脑的正常工作或运行速度。

CPU 供电单元电路，P3 的 CPU 分内核和外核两路供电（两个核心供电芯片），P4 以上的 CPU 只有一路供电。IBM T30 笔记本电脑采用 P4 CPU，核心电压控制芯片是 ADP3203。

1. ADP3202 介绍

ADP3203 引脚功能如图 6-47 所示。①脚为延迟设置，②脚是 CPU 休眠方式，③脚是电池电压模式，④～⑧脚为 CPU 核心电压识别脚，⑨脚是电池最优化调节，⑩脚为休眠方式控



制（低电平有效），⑪脚为休眠方式控制（高电平有效），⑫脚为电源信号输出，⑬脚为总控制信号，⑭脚为保护控制输出，⑮脚为驱动关闭控制输出，⑯脚为软启动，⑰脚为负反馈输入，⑱脚为 D/A 变换输出，⑲脚接地，⑳脚为低端方波输出，㉑脚为高端方波输出，㉒脚为通道 1 电流检测，㉓脚为通道 2 电流检测，㉔脚为 3.3V 电源，㉕脚负反馈调节输入，㉖脚为基准电压输出，㉗脚为电流限制+，㉘脚为电流限制-。

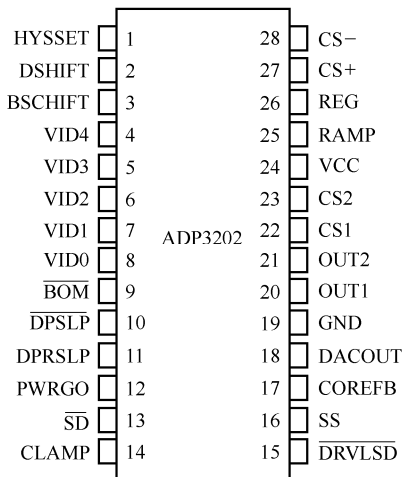


图 6-47 ADP3203 引脚

2. IBM T30 CPU 供电电路

IBM T30 CPU 核心电压供电简化电路如图 6-48 所示，它主要由 ADP3203 芯片及场管驱动电路 ADP3415 组成，这是一个开关稳压电源电路，其主要功能是生成高质量的 CPU 核心电压 VCCCPU CORE。

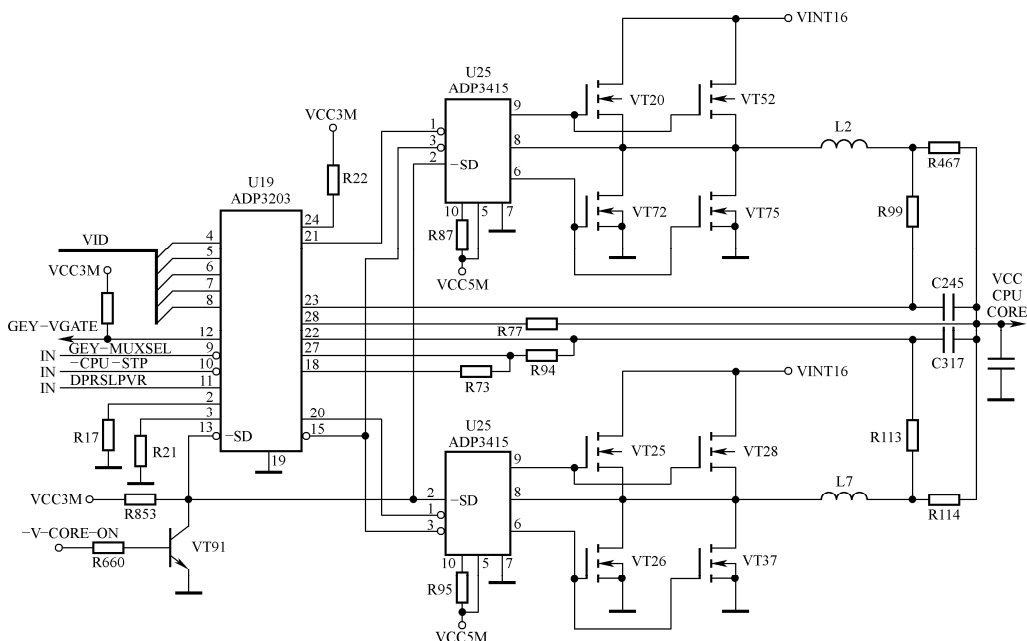


图 6-48 IBM T30 CPU 核心电压供电简化电路



VCC3M 经 R22 给 ADP3203③脚供电, VCC5M 给 ADP3415⑤脚供电, 并经 R87、R95 给 ADP3415⑩脚 BST 提供 5V 高端驱动器电压。VINT16 给高端门场管 VT20、VT52、VT25 和 VT28 供电。

VID 信号(4~0)为 CPU 核心识别电压, 输入到 ADP3203 的④~⑧脚, _SD 信号为芯片关机信号, 该信号分别送到 ADP3203 的⑬脚和 ADP3415 的②脚, 低电平关闭 ADP3203 和 ADP3415; 高电平开启 ADP3203 和 ADP3415。⑨、⑩、⑪脚的 BOM#、DSL P#和 DPRSLP 为节省电力的设置脚, 其电压值决定 ADP3203 的工作状态, 影响输出的核心电压值。

当输出电压合乎要求和趋于稳定后, ADP3203 的⑫脚输出 PWRGD 信号, 表示 CPU 核心电压已准备好。

3. CPU供电电路故障检修

CPU 供电电路有故障时, CPU 工作也不会正常, 表现为开机不亮。用可调电源监控笔记本电脑电流, 按下开机键, 笔记本电脑可以开机, 但电流达到 0.4~0.6A 处就停止上升。

6.3.5 利用可调电源判别故障

可调电源有 10/2A、20V/3A 和 30V/5A 等多种, 维修笔记本电脑可选用 30V/5A 可调电源。可调电源又分为数字式的指针式两种, 数字式可调电源更精确, 指针式可调电源也能满足测量要求。

在可调电源输出端并联一只电压表, 串联一只电流表, 可同时观察输出电压和输出电流。笔记本电脑在启动时, 是按照一定工作顺序, 依次启动单元电路。因此在启动过程中, 由于启动设备的不断增加, 电流也会不断增大。当所有设备启动完毕, 电流稳定在一定值。所以, 通过观察电流值, 推断笔记本电脑开机时启动了哪些设备, 从而准确判别故障部位。

1. 根据观察待机状态的电流判别故障

插上可调电源, 不按开机键, 此时笔记本电脑处于待机状态, 电流最小, 可调电源的电流表指针轻微摆动在 0.1~0.2A。对于有故障的笔记本电脑, 电流变化如下:

- 1) 电流表指针不摆动。说明电流为零, 应检查待机电路和保护隔离电路。
- 2) 电流表指针摆动突然变化。说明主供电严重短路, 可能滤波电容击穿, 稳压二极管击穿。
- 3) 电流表指针摆动不停。说明电流变化大, 可能是电池损坏或滤波电容漏电。

2. 根据观察开机状态的电流判别故障

按下开机键后, 启动笔记本电脑, 根据可调电源电流表指针可以初步判别故障。

- 1) 电流表指针不摆动。说明系统单元电路不工作, 或没有 3.3V/5V 电压, 可能是待机电路损坏, 或系统单元电路的控制信号不工作。
- 2) 电流表指针摆到正常 0.6~1A 处, 但马上掉回到原位置, 这又称开机掉电。说明硬启动正常, 可能是电源管理芯片的控制信号被中断。
- 3) 电流表指针摆到正常 0.6~0.8A 处就停止上升。说明启动基本正常, 但启动没有完全完成, 应检查时钟电路及 CPU 工作条件。
- 4) 电流过大。说明 3.3V/5V 的负载或 CPU 供电短路。



5) 电流表指针停在 0.8A 处不动或摆动一下就停住。表示硬启动完成,但不能进入软启动第一步(检查 CPU 与 BIOS)。应检查 CPU、CPU 缓存、南桥、北桥、BIOS 或时钟电路。

6) 电流表指针停到 0.8A 处摆动两下就停住。表示硬启动完成,软启动第一步也正常,但不能进入软启动第二步(内存自检)。应检查内存条相关电路。

7) 电流表指针停到 0.8A 处摆动三下就停住。表示硬启动完成,软启动第一、二步均正常,但不能进入软启动第三步(显卡自检),需检查显卡相关电路。

6.3.6 拓展知识

1. IBM T30 时钟电路检修

(1) 时钟信号

笔记本电脑内部数据交换,部件间数据传输需要有相同的频率。而不同总线的工作频率不一样,时钟电路产生频率为 14.318MHz 的基准时钟,然后再给各个部件分配所需频率的时钟。

笔记本电脑主板上的时钟频率很多,有 33MHz、48MHz、66MHz、75MHz、83MHz、100MHz、133MHz、150MHz、266MHz、333MHz、400MHz 和 533MHz 等。时钟信号类型如下:

1) 系统时钟(SystemClock)。其频率与基准频率一样,均为 14.318MHz。该时钟信号供主板上需要系统时钟的芯片和设备使用。

2) CPU 时钟。时钟提供给 CPU 的时钟频率称为外频,有 66MHz、75MHz、83MHz、100MHz、133MHz、150MHz 和 200MHz 等。

3) 前端总线时钟。CPU 连接到北桥芯片的总线,称为前端总线(Front Side Bus, FSB),是 CPU 输入的频率。目前,前端总线的频率有 266MHz、333MHz、400MHz、533MHz 和 800MHz 等。前端总线频率越高,CPU 与北桥芯片之间的数据传输能力越强。

4) PCI 总线时钟。PCI 总线时钟用于为 PCI 总线插槽上的声卡、网卡、显卡、SCSI 控制卡等设备提供时钟信号。当 FSB 频率小于 100MHz 时,PCI 总线频率一般为 FSB 的 1/2;当 FSB 频率大于等于 100MHz 时,PCI 总线频率一般为 FSB 的 1/3。

5) 南桥时钟。ICH 南桥除自身的振荡时钟频率 32.7kHz 外,时钟电路还提供 14.318MHz、33MHz、48MHz 和 66MHz 的外部时钟信号。

6) AGP 总线时钟。AGP 总线用于驱动显示电路,当 FSB 频率小于 100MHz 时,AGP 总线频率一般等于 FSB;当 FSB 频率大于等于 100MHz 时,AGP 总线频率一般为 FSB 的 2/3,本机 AGP 显卡的时钟频率为 66MHz。

7) 北桥时钟。通常时钟电路提供 MCH 北桥芯片 66MHz 和 100MHz 两种时钟。

8) 其他时钟。北桥提供 133MHz 时钟给 DIMM 内存,南桥提供 5~50MHz 时钟给 LAN 网络,USB 总线的时钟频率固定为 48MHz,FWH 所需的 33MHz 时钟由时钟电路直接提供,SIO 输入/输出芯片所需时钟 14.318MHz、33MHz 和 48MHz 由时钟电路提供。

(2) IBM T30 时钟电路

IBM T30 时钟简化电路如图 6-49 所示,它主要由 C9827 时钟芯片组成,包括 OSC 振荡电路、PLL 锁相环电路、控制信号电路和驱动电路。

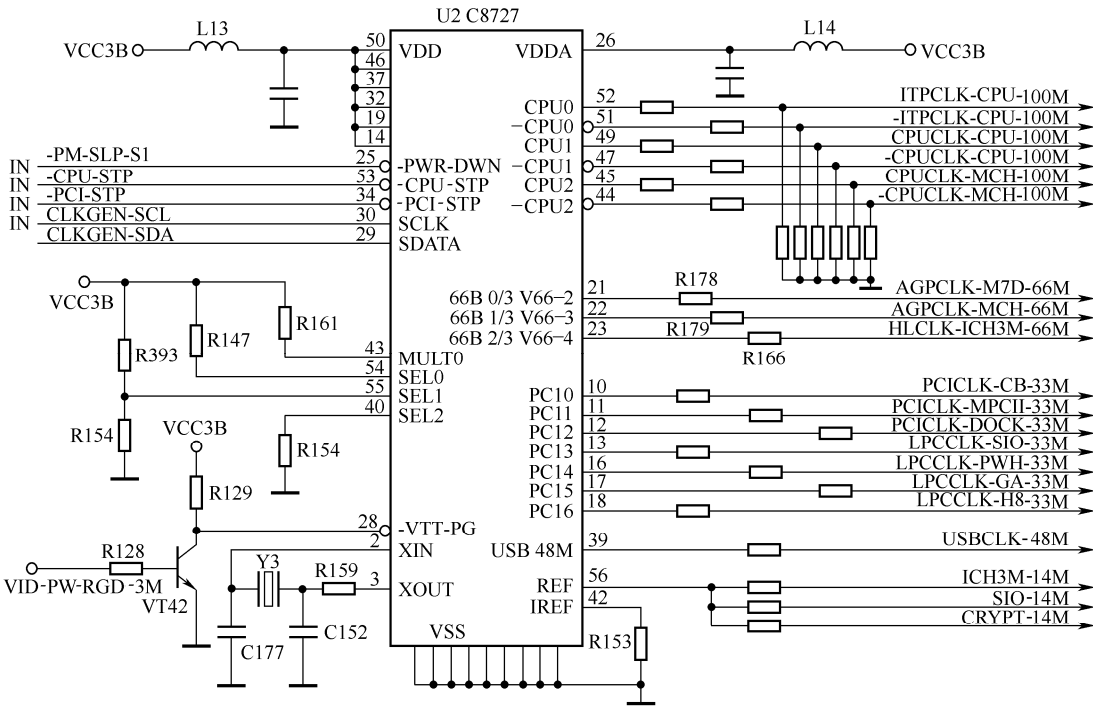


图 6-49 IBM T30 时钟简化电路

在 IBM T30 时钟电路中，C9827 有 VDD 和 VDDA 两组供电，电压均为 3.3V。VDD 给振荡电路、PLL 和驱动电路供电，VDDA 供逻辑电路供电。

在 C9827 的②、③脚接有 14.318MHz 的晶体 Y3，产生 14.318MHz 基准时钟信号。时钟输出信号有 CPC、AGP、PCI、USB、SIO、ICH 及 CRYPT 等，其输出的直流电压为 1.65V 左右。

C9827 的⑤④、⑤⑤、④⑩脚分别为 SEL0、SEL1、SEL2 引脚，即时钟频率选择引脚。

VIDPWRGD_3M 电源信号经 VT42 倒相放大后加到 C9827 的②⑧脚，作为电源识别信号；从南桥输入的_PM_SLP_S1 信号，加到 C9827 的②⑤脚，作为芯片是否允许工作的控制信号；从南桥输入的_CPU_STP 信号，加到 C9827 的⑤③脚，作为 CPU 时钟的控制信号；从南桥输入的_PCI_STP 信号，加到 C9827 的⑤③脚，作为 PCI 时钟的控制信号。

(3) 时钟电路维修

必须在系统供电 3.3V、5V 和 CPU 内外核都正常的情况下，才考虑排除时钟电路故障。此时电源指示灯亮，CPU 风扇转，也可以正常开关机。不拆机的情况下，采用可调监控电源，电流指示在 0.8A 左右。

时钟电路故障原因有：

1) 无 3.3V 供电电压。3.3V 来自系统单元供电电路。

2) 基准时钟 (14.318MHz) 晶体损坏。用万用表测晶体两端应有 0.03V 左右的电压差，用示波器测两端有波形，否则视为晶体损坏。

3) 时钟芯片损坏。时钟输出脚均接有 33Ω 小电阻，可在此小电阻上测量是否有时钟电



压输出,此电压一般为 3.3V 供电电压的一半,即 1.65V。用示波器观察应有 $2V_{p-p}$ 幅度波形。

2. 笔记本电脑启动电路检修

按下开机键后,就开始启动了。启动过程分为硬启动和软启动两步。硬启动是指给笔记本电脑加电,产生各芯片所需的时钟信号和复位信号。软启动是指 BIOS 的 POST 信号自检过程。所有电脑均先硬启动而后软启动。维修人员可根据启动进度,确定哪些单元电路正常,哪些单元电路不正常。

(1) 硬启动工作过程

笔记本电脑硬启动过程如图 6-50 所示,硬启动过程简述为:供电→时钟→复位。

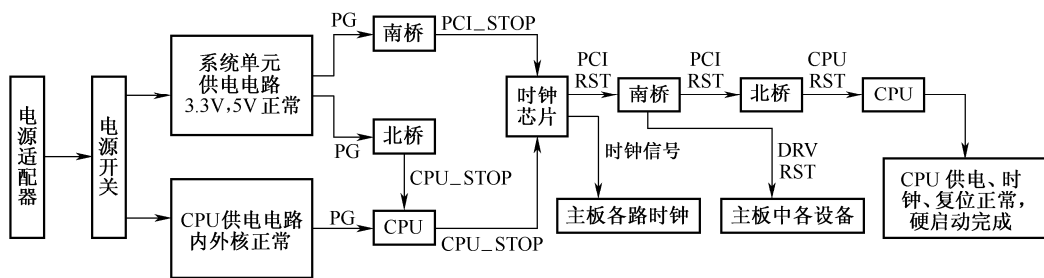


图 6-50 笔记本电脑硬启动过程

1) 供电产生过程。接上电源的适配器,将 16V 主电压送到笔记本电脑,当按下开机键,系统单元供电电路将 16V 主电压转换成 3.3V 和 5V 电压,给各单元电路供电;经 CPU 单元供电电路产生 CPU 的核心电压,为 CPU 供电。

2) 时钟信号产生。只有时钟电路供电和 PG 信号正常,时钟电路才能正常工作。当 CPU 产生的 CPU_STOP 信号和南桥产生的 PCI_STOP 信号送到时钟芯片,时钟电路才开始工作。时钟电路工作后,产生各路时钟信号,送往主板上各单元电路。

3) 复位信号产生。复位信号(RST)的作用是对数字电路清零。南桥收到时钟信号后,南桥复位电路开始工作,产生各种复位信号,其中 DRV_RST 去复位主板上各路设备,如键盘、光驱和插槽等;另一路 PCI_RST 信号去复位北桥,再由北桥芯片产生 CPU_RST 信号去复位 CPU,当 CPU 完成复位,就完成了硬启动。

(2) 硬启动故障检修

硬启动未完成的结果是 CPU 不工作, CPU 不工作的原因是工作条件不满足,原因有:

- 1) 3.3V、5V 及 CPU 内核供电不正常。
- 2) 时钟信号、复位信号中任意一个不正常。
- 3) 总线故障,包括地址总线、数据线漏电、断裂、南北桥损坏等。
- 4) CPU 座虚焊、北桥虚焊。

(3) 软启动工作过程

硬启动完成加电、产生时钟与复位信号后,电脑进入软启动状态,即 BIOS 开始工作,将控制权交给 BIOS 的 POST 程序。由 POST 程序检查硬件设备的工作状态和配置信息,产生各种总线信号,初始化硬件,点亮显示器,然后将控制权交给操作系统,完成软启动。



3. IBM T30 显示系统检修

笔记本电脑显示系统由成像系统和背光系统组成，成像系统本身不发光，犹如黑夜中的物体图像。背光系统用于照亮屏上的图像，犹如日光灯。

(1) 液晶屏成像系统简介

液晶屏成像系统如图 6-51 所示。笔记本电脑一般采用板载显卡，输出 VGA、TTL 两种图像信号，VGA 信号送 VGA 接口，用于投影仪显示。TTL 图像信号送 LVDS 芯片，将 TTL 信号转换成 LVDS 信号，经过屏线送到液晶屏内的 LCDS 芯片，将 LVDS 信号转化回 TTL 信号，然后经 LCD 控制芯片控制行列驱动芯片，实现图像显示。

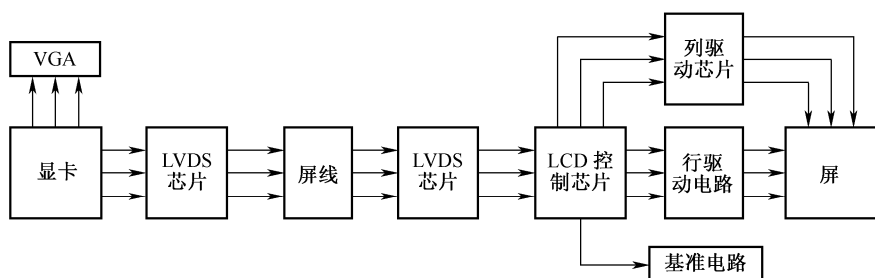


图 6-51 液晶屏成像系统

将 TTL 信号转化为 LVDS 信号后传送到液晶屏的优点是：屏线少；传输速度快；抗干扰性能好；扩展能力强。

(2) 液晶屏成像系统检修

通常液晶屏的 LVDS 芯片、LCD 控制芯片和行列驱动电路的显示屏制作成为一个整体，损坏时需一起更换。部分笔记本电脑的显示核心芯片直接输出 LVDS 信号，因此液晶屏中没有 LVDS 芯片。

1) 屏线断：当笔记本电脑打开或关闭时，屏线经常弯曲，屏线局部断裂也经常发生。可用万用表 $R \times 1\Omega$ 挡测量屏线内每根导线的电阻值，正常时应为 0Ω ，部分屏线串有电阻。或将屏线对着灯光观察，看导线是否存在断裂。部分屏线上缠有保护的胶带或金属带，不宜观察。

2) 白屏：白屏即有背光无图像，其主要原因是显卡内 LVDS 芯片损坏；主板屏线接口虚焊；屏线断裂；屏上 LVDS 芯片损坏。排除故障方法：白屏说明背光系统正常，可外接显示器，若正常，说明故障在成像系统，若仍白屏，说明故障在显卡。

3) 花屏或缺色：显卡电路故障；屏线中的红、绿、蓝中某一条线断裂；屏本身损坏。排除故障方法：首先外接显示器，若正常，说明故障在屏，可拆开屏框检查，一般是屏线断裂或屏线接口虚焊；若仍不正常，说明故障的显卡。

4) 亮线、亮带、亮点、暗点：如果冷启动后故障消失，则说明是应用软件故障；若冷启动后故障仍存在，则为液晶屏故障，通常是源矩阵显示电极局部损坏，应更换 LVD 组件。

(3) 液晶屏背光系统简介

液晶屏的背光系统由高压板供电与控制电路、高压板、灯管、光导板组件及屏组成，如



高压供电与控制电路	供电 5~24V	高压板	400~1000V 的高压	灯管	光	光导板组件	经光导板漫反射后屏上形成一个均匀的光源	屏
	控制 3.3~5V				光			
	亮度 1.5~3.3V				光			
	地线				光			

图 6-52 液晶屏背光系统

图 6-53 BA9700A 内部结构及应用电路

BA9700A 芯片应用电路如图 6-53 所示。由 VT3、VT4 组成双管推挽式自激振荡器，T 是振荡升压变压器，其中 4、5 绕组是正反馈绕组，6、7 绕组产生 400~1000V 高频交流电压，使灯管点亮。当按下开机键后，显卡向 BA9700A 的⑩脚发出一个 3.3V 高电平，使芯片内部线性电压模块工作，从⑪脚输出基准电压，内部振荡电路也工作，经脉宽调制比较及达林顿管放大，从⑤脚输出控制信号。BA9700A 的⑤脚输出高电平时，VT5 截止，双管推挽式



自激振荡器无供电；BA9700A 的⑤脚输出低电平时，VT5 导通，双管推挽式自激振荡器有供电。亮度控制信号使 VT1 的导通能力发生变化，通过 R21、R5 影响 BA9700A 的⑭脚，从而调整⑤脚输出波形的脉冲宽度，达到调节灯管亮度目的。

（4）液晶屏背光系统检修

液晶屏背光系统故障现象有：暗屏、亮度不足、光斑、红屏或黄屏、黑屏等。

1) 暗屏：暗屏是指无背光，但有隐约可见的文字图像。暗屏故障原因：灯管两端接触不良；高压板不能产生高压。维修方法：首先外接显示器，若仍不正常，说明故障在显卡；若正常，说明故障在背光系统。背光系统故障有：灯管损坏；高压板接口无供电电压、控制信号或亮度调整信号；高压板损坏。

2) 亮度不足：亮度不足是指在光线直射或光线很强时，图像就消失了。原因有：笔记本电脑陈旧，背光板或灯管性能下降；高压板有故障。可用一个数千欧的电阻，一端接高压板中的亮度调整端，另一端接地（或接供电电压），即人为改变亮度调整电压，观察高压输出是否升高，若高压输出没有升高，说明高压升高较大而亮度变化不大，则可能需要换屏。

3) 光斑：光斑是指屏后有阴影或屏脏、显示模糊、背光较暗，调整无效。原因有：光导板老化；光导板内部有灰尘；光导板受潮等。维修方法：更换光导板组件。

4) 红屏或黄屏：是指屏的颜色泛红或泛黄，背光较暗，调整无效。原因有：灯管老化。维修方法：更换灯管。

5) 黑屏：若外接显示器正常，说明屏的成像系统和背光系统都没有工作。原因有：主板屏线插头虚插；主板屏线接口虚焊；多条屏线断裂。维修方法：打开 C 壳，检查屏线插头；测屏线接口供电及信号，测高压板接口供电及信号。

知识梳理与总结

笔记本电脑属于高档数码电子产品，随着社会拥有量的增大，维修问题日益突出。学习笔记本电脑维修技术，是很有用处的。

笔记本电脑有软件故障、硬件故障两大类，软件故障是笔记本电脑维修中最简单的，一般从事系统维护的技术员都能做。因此，项目 6 将重点放在硬件故障维修上。

硬件维修首先要拆卸笔记本电脑，这是维修人员的一项基本功。由于笔记本电脑体积小、结构紧凑，拆装很有技巧，不正确的拆卸方法很容易损坏笔记本电脑外壳。任务 6-1 简单介绍了笔记本电脑的硬件组成，重点是对学生进行笔记本电脑拆装训练。

板卡级维修就是检测某个板（主板等）卡（显卡、声卡等）是否损坏，通过更换板卡来排除故障。这种维修技术要求不高，能懂一些简单的原理、能拆装笔记本电脑、能购到待更换的新板卡，就能修复笔记本电脑。板卡级维修的重点是如何准确地判别板卡已损坏。

芯片级维修就是利用万用表、电烙铁以及示波器等专用工具，检测某个电子元件或芯片是否损坏来修复故障。芯片级维修对维修人员要求较高，要求能分析电路的工作原理，熟练掌握焊接技术。由于芯片级维修难度大，任务 6-3 主要介绍电源系统的芯片级维修，其他芯片级维修作为拓展知识供选学。



思考与练习 6

1. 笔记本电脑的内部主要包括_____等配件。
2. 笔记本电脑的常用接口主要有_____。
3. 南桥的主要功能是_____, 北桥的主要功能是_____。
4. 笔记本电脑拆卸可分为哪几部分?
5. 笔记本电脑主板故障现象有哪些?
6. 笔记本电脑电源系统由哪些电路组成?
7. 下列哪项是造成笔记本电脑开机与启动故障的原因? ①电源适配器或电池不供电; ②光驱损坏;
③开机键损坏; ④主板开机电路损坏。
8. 下列哪项是造成笔记本电脑电源系统故障的原因? ①硬盘有坏道; ②电源适配器损坏; ③电池损坏;
④电源适配器或电池与笔记本电脑接触不良。
9. 硬盘常见故障原因主要有? ①硬盘坏道; ②硬盘供电问题; ③接口电路问题; ④磁头芯片损坏;
⑤电动机驱动芯片损坏。
10. 怎样判别笔记本电脑液晶屏有故障?
11. 怎样判别笔记本电脑显卡有故障?

参考文献

- [1] 李雄杰,施慧莉,韩包海.电视技术(第二版).北京:机械工业出版社,2007
- [2] 李雄杰.新编黑白电视机原理与维修.北京:电子工业出版社,2000
- [3] 李雄杰.平板电视技要术.北京:电子工业出版社,2007
- [4] 李雄杰.遥控彩色电视机原理与维修(第二版).北京:电子工业出版社,1999
- [5] 李雄杰,叶建波.家用音响原理与检修.北京:电子工业出版社,2002
- [6] 高泽涵.电子电路故障诊断技术.西安:西安电子科技大学出版社,2001
- [7] 朱大奇.电子设备故障诊断原理与实务.北京:电子工业出版社,2004
- [8] 劳动和社会保障部教材办公室.家用电子产品维修工——基础知识.北京:中国劳动社会保障出版社,2007
- [9] 陈梓城.电子设备维修技术.北京:机械工业出版社,2008
- [10] 家电维修技术精华丛书-收音机.北京:电子工业出版社,1992
- [11] 欧汉文,唐学斌.笔记本电脑维修标准教程.北京:人民邮电出版社,2008
- [12] 王红军.笔记本电脑维修技术实训.北京:科学出版社,2008
- [13] 上海无线电三厂.晶体管收音机修理与调试.上海:上海人民出版社,1974
- [14] IBM T30 维修手册
- [15] 杨海祥.电子电路故障查找技巧.北京:机械工业出版社,2008
- [16] 李雄杰.模拟电子技术教程.北京:电子工业出版社,2004

读者意见反馈表

书名：电子产品维修技术

主编：李雄杰

策划编辑：陈健德

感谢您关注本书！烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材、服务教学，十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作，请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录，或者寄送相关样书。

个人资料

姓名_____年龄_____联系电话_____（办）_____（宅）_____（手机）_____

学校_____专业_____职称/职务_____

通信地址_____邮编_____E-mail_____

您校开设课程的情况为：

本校是否开设相关专业的课程 ☐是，课程名称为_____ ☐否

您所讲授的课程是_____课时_____

所用教材_____出版单位_____印刷册数_____

本书可否作为您校的教材？

☐是，会用于_____课程教学 ☐否

影响您选定教材的因素（可复选）：

☐内容 ☐作者 ☐封面设计 ☐教材页码 ☐价格 ☐出版社

☐是否获奖 ☐上级要求 ☐广告 ☐其他_____

您对本书质量满意的方面有（可复选）：

☐内容 ☐封面设计 ☐价格 ☐版式设计 ☐其他_____

您希望本书在哪些方面加以改进？

☐内容 ☐篇幅结构 ☐封面设计 ☐增加配套教材 ☐价格

可详细填写：_____

您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息？

感谢您的配合，请将该反馈表寄至以下地址。如果需要了解更详细的信息或有著作计划，请与我们联系。

通信地址：北京市万寿路 173 信箱 高等职业教育分社 邮编：100036

http://www.hxedu.com.cn E-mail: baiyu@phei.com.cn 电话：010-88254563